

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re PATENT APPLICATION of

Jong-rak PARK et al.

Serial No.: [NEW]

Attn: Applications Branch

Filed: July 22, 2003

Attorney Docket No.: SEC.1040

For: PHOTOMASK HAVING A TRANSPARENCY-ADJUSTING LAYER, METHOD
OF MANUFACTURING THE PHOTOMASK, AND EXPOSURE METHOD
USING THE PHOTOMASK

CLAIM OF PRIORITY

Mail Stop Patent Application
Commissioner for Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

Sir:

Applicants, in the above-identified application, hereby claim the priority date
under the International Convention of the following Korean application:

Appln. No. 2002-0061046 filed October 7, 2002

as acknowledged in the Declaration of the subject application.

A certified copy of said application is being submitted herewith.

Respectfully submitted,

VOLENTINE FRANCOS, PLLC



Adam C. Volentine
Registration No. 33,289

12200 Sunrise Valley Drive, Suite 150
Reston, Virginia 20191
Tel. (703) 715-0870
Fax. (703) 715-0877

Date: July 22, 2003



별첨 사본은 아래 출원의 원본과 동일함을 증명함.

This is to certify that the following application annexed hereto
is a true copy from the records of the Korean Intellectual
Property Office.

출원 번호 : 10-2002-0061046
Application Number

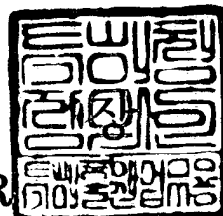
출원 년 월 일 : 2002년 10월 07일
Date of Application OCT 07, 2002

출원인 : 삼성전자주식회사
Applicant(s) SAMSUNG ELECTRONICS CO., LTD.



2003 년 02 월 07 일

특 허 청
COMMISSIONER



【서지사항】

【서류명】	특허출원서
【권리구분】	특허
【수신처】	특허청장
【참조번호】	0025
【제출일자】	2002.10.07
【국제특허분류】	H01L
【발명의 명칭】	웨이퍼 상의 임계 선폭을 제어할 수 있는 포토 마스크 제조 방법, 이에 의한 포토 마스크 및 이를 이용한 노광 방법
【발명의 영문명칭】	Method for manufacturing photo mask having capability of controlling critical dimension on wafer and photomask thereby, and exposing method therewith
【출원인】	
【명칭】	삼성전자 주식회사
【출원인코드】	1-1998-104271-3
【대리인】	
【성명】	이영필
【대리인코드】	9-1998-000334-6
【포괄위임등록번호】	1999-009556-9
【대리인】	
【성명】	정상빈
【대리인코드】	9-1998-000541-1
【포괄위임등록번호】	1999-009617-5
【발명자】	
【성명의 국문표기】	박종락
【성명의 영문표기】	PARK, Jong Rak
【주민등록번호】	700223-1403219
【우편번호】	361-201
【주소】	충청북도 청주시 흥덕구 분평동 주공아파트 503-204
【국적】	KR
【발명자】	
【성명의 국문표기】	최성운
【성명의 영문표기】	CHOI, Seong Woon
【주민등록번호】	630525-1394221

【우편번호】	442-470
【주소】	경기도 수원시 팔달구 영통동 신나무실 동보아파트 622-1703
【국적】	KR
【발명자】	
【성명의 국문표기】	여기성
【성명의 영문표기】	YE0,Gi Sung
【주민등록번호】	670308-1079920
【우편번호】	135-230
【주소】	서울특별시 강남구 일원동 731 한솔마을아파트 201-201
【국적】	KR
【발명자】	
【성명의 국문표기】	장성훈
【성명의 영문표기】	JANG,Sung Hoon
【주민등록번호】	760102-1010918
【우편번호】	425-150
【주소】	경기도 안산시 일동 577-9 401호
【국적】	KR
【심사청구】	청구
【취지】	특허법 제42조의 규정에 의한 출원, 특허법 제60조의 규정에 의한 출원심사를 청구합니다. 대리인 이영필 (인) 대리인 정상빈 (인)
【수수료】	
【기본출원료】	20 면 29,000 원
【가산출원료】	46 면 46,000 원
【우선권주장료】	0 건 0 원
【심사청구료】	48 항 1,645,000 원
【합계】	1,720,000 원
【첨부서류】	1. 요약서·명세서(도면)_1통

【요약서】**【요약】**

웨이퍼 상의 임계 선폴을 제어할 수 있는 포토 마스크 제조 방법, 이에 의한 포토 마스크 및 이를 이용한 노광 방법을 제공한다. 본 발명의 일 관점에 의한 제조 방법은 웨이퍼 상으로 노광 과정을 통해서 전사될 주 패턴이 앞면에 구현된 포토 마스크 기판을 도입하고, 주 패턴에 입사될 광의 조명 세기 분포를 변화시키기 위해서 영역에 따라 다른 패턴 밀도 값을 가지는 투과율 조절용 패턴들을 포함하여 구성되는 투과율 조절용 패턴 분포층을 포토 마스크 기판 후면 상에 도입한다.

【대표도】

도 2

【명세서】**【발명의 명칭】**

웨이퍼 상의 임계 선폭을 제어할 수 있는 포토 마스크 제조 방법, 이에 의한 포토 마스크 및 이를 이용한 노광 방법{Method for manufacturing photo mask having capability of controlling critical dimension on wafer and photomask thereby, and exposing method therewith }

【도면의 간단한 설명】

도 1 및 도 2는 본 발명의 실시예에 의한 포토 마스크의 개념을 설명하기 위해서 개략적으로 도시한 도면들이다.

도 3은 본 발명의 실시예에 의한 투과율 조절용 패턴 분포층의 도입에 의해서 조명 조건이 변형되는 것을 개략적으로 보여주는 도면이다.

도 4는 본 발명의 실시예에 의한 포토 마스크 기판 후면의 어느 일부 특정 영역에 어떤 패턴 밀도의 투과율 조절용 패턴이 형성된 형상을 개략적으로 보여주는 도면이다.

도 5는 본 발명의 실시예에 의한 투과율 조절용 패턴의 패턴 밀도에 따른 조명 세기 변화 경향을 개략적으로 보여주는 그래프들이다.

도 6은 본 발명의 실시예에 의한 투과율 조절용 패턴의 패턴 크기 및 패턴 밀도 변화에 따른 조명계 pupils(pupils) 형상 차이를 보여주는 그래프들이다.

도 7은 본 발명의 제1실시예에 의한 보정(correction) 전의 전형적인 노광 과정에 의해 웨이퍼 상으로 전사된 패턴들에 발생한 임계 선폭 분포를 개략적으로 보여주는 분포 도면이다.

도 8은 도 7의 임계 선평 분포에서의 도즈 마진(dose margin)을 개략적으로 보여주는 도면들이다.

도 9는 도 7의 CD 분포에 적절하게 대응되게 투과율 조절용 패턴 분포를 구현하기 위해서 노광된 영역들을 세분하는 다수의 단위 영역들을 임의로 설정한 상태를 개략적으로 보여주는 도면이다.

도 10은 도 7의 CD 분포를 보정하기 위한 투과율 조절용 패턴 분포층을 구성하기 위한 각각의 단위 영역들에 투과율 조절용 패턴들이 형성된 상태를 개략적으로 보여주는 평면도이다.

도 11은 본 발명의 제1실시에에 의해 보정된 포토 마스크 기판을 이용한 노광 과정에 의해 웨이퍼 상에 실제 구현된 패턴들에 발생한 임계 선평 분포를 개략적으로 보여주는 분포 도면이다.

도 12는 도 11의 임계 선평 분포를 얻는 데 사용된 노광 과정에 대한 도즈 마진(dose margin)을 개략적으로 보여주는 도면들이다.

도 13은 도 11의 임계 선평 분포를 얻는 데 사용된 노광 과정에 대한 포커스 깊이(DoF:Depth of Focus) 마진을 개략적으로 보여주는 도면들이다.

도 14는 본 발명의 제1실시에에 의한 투과율 조절용 패턴 분포를 구현하는 방법을 개략적으로 보여주는 공정 흐름도이다.

도 15는 본 발명의 제2실시에에 의한 투과율 조절용 패턴 분포가 도입된 포토 마스크를 개략적으로 보여주는 단면도이다.

도 16은 본 발명의 제3실시예에 의한 투과율 조절용 패턴 분포가 도입된 포토 마스크를 개략적으로 보여주는 단면도이다.

도 17은 본 발명의 제4실시예에 의한 투과율 조절용 패턴 분포가 도입된 포토 마스크를 개략적으로 보여주는 단면도이다.

도 18은 본 발명의 제5실시예에 의한 투과율 조절용 패턴 분포로 광 흡수층이 도입된 포토 마스크를 개략적으로 보여주는 단면도이다.

【발명의 상세한 설명】

【발명의 목적】

【발명이 속하는 기술분야 및 그 분야의 종래기술】

<18> 본 발명은 반도체 제조에 도입되는 포토 리소그래피(photo lithography)에 관한 것으로, 특히, 후면에 투과율 조절 패턴을 구비하여 투과율 조절에 의해서 웨이퍼 상의 임계 선폭(CD:Critical Dimension)을 능동적으로 제어할 수 있는 포토 마스크(photo mask) 및 그 제조 방법, 이를 이용한 노광 방법에 관한 것이다.

<19> 포토 리소그래피 기술은 반도체 제조에서 패턴 형상을 웨이퍼 상으로 전사하는 데 널리 이용되고 있다. 그런데, 반도체 소자의 집적도가 급격히 증가하고 디자인 룰(design rule)이 급격히 감소함에 따라, 포토 리소그래피의 해상도 한계에 따라 여러 문제가 발생하고 있다. 예를 들어, 웨이퍼 상의 선폭 균일도(uniformity)가 열악해지고 있는 문제가 발생하고 있다. 즉, 동일한 선폭으로 설계된 패턴들이 동일한 포토 마스크를 통해서 웨이퍼 상으로 전사될 때, 노광 과정에서 패턴들이 전사되는 위치에 따라 패턴의 선폭이 원하지 않게 변동되는 정도가 심각하게 커지고 있다.

- <20> 웨이퍼 상의 선폭 균일도는 포토레지스트층의 코팅(coating), 베이킹(bake), 광 노광 장치, 포토 마스크, 현상(development), 식각(etch) 등의 여러 요인에 의해 영향을 받는다. 특별히, 노광 과정 후에 웨이퍼 상에서 측정되는 선폭 또는 선폭들 간의 차이를 의미하는 샷 균일도(shot uniformity: 또는 인 필드 균일도(in field uniformity))는 실질적으로 광 노광 장치와 포토 마스크에 크게 의존하고 있다.
- <21> 현재까지 포토 리소그래피 기술에서는 노광 과정에서의 해상도를 높이는 데 관심이 집중되고 있다. 예를 들어, 포토 마스크의 후면에 회절 격자(diffraction grating) 또는 필터(filter)를 도입하여 노광에 사용되는 조명계(illumination)를 변화시킴으로써, 해상도를 증가시키는 데 관심이 집중되고 있다. 그럼에도 불구하고, 노광이 수행되는 영역 내에서 선폭 차이 분포가 극심하게 발생하는 것을 극복하여, 패턴들의 선폭의 균일도를 증가시키는 방안은 현재까지 거의 제시되지 않고 있다.
- <22> 단지, 포토 마스크에 미리 준비된 필터를 도입하고 노광 광원으로 이용되는 레이저 펄스(laser pulse)의 에너지를 변화시킴으로써 웨이퍼 상의 선폭 차이를 감소시키려는 시도가 보고되고 있다. 그럼에도 불구하고, 이러한 시도는 레이저 펄스를 스캔(scan)하는 중에 자유롭게 변화시킬 수 있어야 가능하므로, 현재까지의 기술 수준으로는 실제 적용되기는 다소 어려운 점이 있다.
- <23> 따라서, 현재의 노광 조명계에 극심한 변화를 수반하지 않고서도 웨이퍼 상의 선폭 균일도를 효과적으로 개선시킬 수 있는 새로운 방법이 절실히 요구되고 있다.

【발명이 이루고자 하는 기술적 과제】

<24> 본 발명이 이루고자 하는 기술적 과제는, 노광 과정에서 웨이퍼 상으로 전사된 패턴들의 선폭 균일도를 개선할 수 있는 방법 및 이를 구현할 수 있는 포토 마스크 및 이를 사용하는 노광 방법을 제공하는 데 있다.

【발명의 구성 및 작용】

<25> 상기의 기술적 과제들을 달성하기 위한 본 발명의 일 관점은, 웨이퍼 상의 임계 선폭을 제어할 수 있는 포토 마스크 제조 방법을 제공한다.

<26> 상기 포토 마스크 제조 방법은 주 패턴이 앞면에 구현된 포토 마스크 기판을 도입하는 단계와, 노광 시 사용될 조명계의 조명 세기 변화 값과 상기 포토 마스크 기판 후면에 도입될 투과율 조절용 패턴의 패턴 밀도 값의 상관 관계를 구하는 단계와, 상기 포토 마스크 기판을 사용하여 노광 과정을 수행하여 상기 주 패턴의 상(image)을 웨이퍼 상으로 전사하는 단계와, 상기 웨이퍼 상으로 전사된 패턴들의 임계 선폭 값들의 분포를 구하는 단계와, 상기 임계 선폭 값들로부터 기준 임계 선폭 값을 설정하는 단계와, 상기 임계 선폭 값들을 상기 기준 임계 선폭 값에 비교하여 임계 선폭의 편차 값들을 구하는 단계와, 상기 임계 선폭 값들의 편차를 줄여주기 위해서 요구되는 조명 세기 떨어뜨림 값들의 분포를 구하는 단계와, 상기 조명 세기 변화 값과 상기 투과율 조절용 패턴의 패턴 밀도 값의 상관 관계를 이용하여 상기 조명 세기 떨어뜨림의 값들에 해당되는 상기 투과율 조절용 패턴의 패턴 밀도 값들의 분포를 구하는 단계, 및 상기 투과율 조절용 패턴의 패턴 밀도 값들의 분포를 구현하는 투과율 조절용 패턴 분포층을 상기 포토 마스크 기판의 후면 상에 구현하는 단계를 포함하여 구성된다.

- <27> 여기서, 상기 기준 임계 선폭 값은 상기 임계 선폭 값들의 분포 중 최소인 임계 선폭 값으로 설정된다.
- <28> 상기 조명 세기 변화 값과 상기 포토 마스크 기판 후면에 도입될 투과율 조절용 패턴의 패턴 밀도 값의 상관 관계를 구하는 단계는 임의의 크기와 이격 간격을 가지는 임의의 패턴을 상기 포토 마스크 기판의 후면에 도입하는 단계와, 상기 임의의 패턴에 의해서 상기 노광 과정에서 상기 주 패턴에 변형되어 입사되는 조명 세기를 상기 임의의 패턴의 크기 및 이격 간격의 함수로 푸리에 변환(Fourier Transform)을 이용하여 구하는 단계, 및 상기 구해진 조명 세기와 상기 임의의 패턴의 크기 및 이격 간격 간의 함수 관계로부터 상기 조명 세기와 (상기 임의의 패턴의 크기)²/(상기 임의의 패턴의 이격 간격)²로 설정되는 상기 패턴 밀도 값의 상관 관계를 구하는 단계를 포함하여 수행될 수 있다.
- <29> 상기 조명 세기와 상기 임의의 패턴의 크기 및 이격 간격 간의 함수 관계는 상기 조명 세기가 대략 $1 - 4(\text{패턴의 크기})^2/(\text{패턴의 이격 간격})^2$ 에 해당되는 관계일 수 있다.
- <30> 상기 조명 세기 떨어뜨림 값의 분포를 구하는 단계는 상기 조명계에서의 노광 도즈(dose) 변화량에 대한 노광된 패턴의 임계 선폭 변화량으로 주어지는 도즈 래티튜드(dose latitude) 값을 구하는 단계, 및 상기 도즈 래티튜드 값에 상기 임계 선폭 값의 편차를 대입하여 상기 임계 선폭 값의 편차에 해당되는 노광 도즈 변화량을 역산하여 상기 조명 세기 떨어뜨림 값으로 설정하는 단계를 포함하여 수행될 수 있다.
- <31> 상기 투과율 조절용 패턴들은 상기 투과율 조절용 패턴의 패턴 밀도 값은 상기 투과율 조절용 패턴 분포층 내에서 대략 0% 내지 5%의 범위 내에서 변화되도록 형성될 수 있다.

- <32> 상기 투과율 조절용 패턴은 대략 $0.8\mu\text{m}$ 의 크기로 형성될 수 있다.
- <33> 상기 투과율 조절용 패턴은 상기 포토 마스크 기판의 후면을 선택적으로 식각하여 형성된 홈을 포함하여 구성될 수 있다. 이때, 상기 홈은 상기 포토 마스크 기판의 후면을 투과하는 광에 대해서 상기 홈을 투과하는 광이 차이가 나는 다른 위상을 가지도록 어떤 크기의 깊이로 형성될 수 있다. 상기 홈은 상기 포토 마스크 기판의 후면을 투과하는 광과 상기 홈을 투과하는 광 사이에 회절 또는 간섭 현상이 발생하도록 허용하도록 유도할 수 있다.
- <34> 상기 투과율 조절용 패턴은 상기 포토 마스크 기판의 후면을 덮고 입사되는 광을 반사 및 흡수하는 차광층을 형성하는 단계, 및 상기 차광층을 선택적으로 식각하는 단계를 포함하여 구현될 수 있다. 이때, 상기 차광층은 크롬층을 포함하여 형성될 수 있다.
- <35> 상기 투과율 조절용 패턴 분포층은 상기 포토 마스크 기판의 후면에 투명한 보조 마스크 기판을 도입하는 단계, 및 상기 보조 마스크 기판 상에 상기 투과율 조절용 패턴을 형성하는 단계를 포함하여 구현될 수 있다.
- <36> 상기 포토 마스크 제조 방법은 웨이퍼 상으로 노광 과정을 통해서 전사될 주 패턴이 앞면에 구현된 포토 마스크 기판을 도입하는 단계, 및 상기 주 패턴에 입사될 광의 조명 세기 분포를 변화시키기 위해서 영역에 따라 다른 패턴 밀도 값들을 가지는 투과율 조절용 패턴들을 포함하여 구성되는 투과율 조절용 패턴 분포층을 상기 포토 마스크 기판 후면 상에 도입하는 단계를 포함하여 구성될 수 있다.
- <37> 상기 투과율 조절용 패턴의 패턴 밀도 값은 상기 주 패턴이 상기 웨이퍼 상에 전사되어 형성된 전사된 패턴들의 임계 선폭 값들의 분포에 대응하여 상기 임계 선폭 값들의

편차를 줄여주기 위해서 요구되는 조명 세기 떨어뜨림 값을 구현하는 값으로 구해질 수 있다.

<38> 상기 포토 마스크 제조 방법은 노광 과정을 통해서 웨이퍼 상으로 전사될 주 패턴이 앞면에 구현된 포토 마스크 기판을 도입하는 단계, 및 제1단위 영역 및 제2단위 영역을 포함하여 상기 포토 마스크를 세분하여 설정되는 다수의 단위 영역들을 포함하여 구현되고, 상기 제1단위 영역을 지나 상기 주 패턴에 입사될 광의 조명 세기가 상기 제2단위 영역을 지나 상기 주 패턴에 입사될 광의 조명 세기와 다르게 상기 광의 조명 세기 분포를 변화시키는 투과율 조절용 패턴 분포층을 상기 포토 마스크 기판 후면 상에 도입하는 단계를 포함하여 구성될 수 있다.

<39> 상기 투과율 조절용 패턴 분포층은 상기 조명 세기 분포를 변화시키기 위해서 상기 제1단위 영역과 상기 제2단위 영역에서 서로 다른 투과율 조절용 패턴의 패턴 밀도 값들을 갖도록 형성될 수 있다.

<40> 상기 제1단위 영역의 투과율 조절용 패턴은 상기 제1단위 영역에 대응되는 웨이퍼 상의 영역에 전사되어 형성된 전사된 패턴의 임계 선폭 값을 줄여주기 위해서 요구되는 조명 세기 떨어뜨림 값을 구현하는 패턴 밀도 값들로 형성될 수 있다.

<41> 상기 포토 마스크 제조 방법은 주 패턴이 앞면에 구현된 포토 마스크 기판을 도입하는 단계와, 상기 포토 마스크 기판을 사용하여 노광 과정을 수행하여 상기 주 패턴의 상(image)을 웨이퍼 상으로 전사하는 단계와, 상기 웨이퍼 상으로 전사된 패턴들의 임계 선폭 값들의 분포를 구하는 단계와, 상기 임계 선폭 값들로부터 기준 임계 선폭 값을 설정하는 단계와, 상기 임계 선폭 값들을 상기 기준 임계 선폭 값에 비교하여 임계 선폭의 편차 값들을 구하는 단계와, 상기 임계 선폭 값들의 편차를 줄여주기 위해서 요구되는

조명 세기 떨어뜨림 값들의 분포를 구하는 단계와, 상기 조명 세기 떨어뜨림 값들의 분포에 해당되는 만큼 투과하는 조명광을 흡수하여 조명 세기를 줄여주어 변형된 조명 세기 분포를 상기 주 패턴에 제공하는 광흡수층으로 구성되는 투과율 조절용 패턴 분포층을 상기 포토 마스크 기판의 후면 상에 구현하는 단계를 포함하여 구성될 수 있다.

<42> 여기서, 상기 광흡수층은 상기 조명 세기 떨어뜨림 값들에 따라 두께가 달라지도록 형성될 수 있다.

<43> 상기의 기술적 과제들을 달성하기 위한 본 발명의 일 관점은, 웨이퍼 상의 임계 선폴을 제어할 수 있는 포토 마스크를 제공한다.

<44> 상기 포토 마스크는 노광 과정을 통해서 웨이퍼 상으로 전사될 주 패턴이 앞면에 구현된 포토 마스크 기판, 및 상기 포토 마스크 기판 후면 상에 도입되고, 상기 주 패턴에 입사될 광의 조명 세기 분포를 변화시키기 위해서 영역에 따라 다른 패턴 밀도 값들을 가지는 투과율 조절용 패턴들을 포함하여 구성되는 투과율 조절용 패턴 분포층을 포함하여 구성될 수 있다.

<45> 여기서, 상기 투과율 조절용 패턴의 패턴 밀도 값은 상기 주 패턴이 상기 웨이퍼 상에 전사되어 형성된 전사된 패턴들의 임계 선폴 값들의 분포에 대응하여 상기 임계 선폴 값들의 편차를 줄여주기 위해서 요구되는 조명 세기 떨어뜨림 값에 해당되는 조명 세기 변화 값을 구현하는 값으로 구현된 것일 수 있다.

<46> 상기 투과율 조절용 패턴들은 상기 투과율 조절용 패턴의 패턴 밀도 값은 상기 투과율 조절용 패턴 분포층 내에서 대략 0% 내지 5%의 범위 내에서 변화되도록 형성된 것일 수 있다. 상기 투과율 조절용 패턴은 대략 $0.8\mu\text{m}$ 의 크기로 형성된 것일 수 있다.

- <47> 상기 포토 마스크는 노광 과정을 통해서 웨이퍼 상으로 전사될 주 패턴이 앞면에 구현된 포토 마스크 기판, 및 상기 포토 마스크 기판 후면 상에 제1단위 영역 및 제2단위 영역을 포함하여 상기 포토 마스크를 세분하여 설정되는 다수의 단위 영역들을 포함하여 구현되고, 상기 제1단위 영역을 지나 상기 주 패턴에 입사될 광의 조명 세기가 상기 제2단위 영역을 지나 상기 주 패턴에 입사될 광의 조명 세기와 다르게 상기 광의 조명 세기 분포를 변화시키는 투과율 조절용 패턴 분포층을 포함하여 구성될 수 있다.
- <48> 상기 투과율 조절용 패턴 분포층은 상기 조명 세기 분포를 변화시키기 위해서 상기 제1단위 영역과 상기 제2단위 영역에서 서로 다른 패턴 밀도 값을 갖는 것일 수 있다.
- <49> 상기의 기술적 과제들을 달성하기 위한 본 발명의 일 관점은, 웨이퍼 상의 임계 선폴을 제어할 수 있는 포토 마스크를 사용하는 웨이퍼 노광 방법을 제공한다.
- <50> 상기 노광 방법은 주 패턴이 앞면에 구현된 포토 마스크 기판을 도입하는 단계와, 노광 시 사용될 조명계의 조명 세기 변화 값과 상기 포토 마스크 기판 후면에 도입될 투과율 조절용 패턴의 패턴 밀도 값의 상관 관계를 구하는 단계와, 상기 포토 마스크 기판을 사용하여 제1노광 과정을 수행하여 상기 주 패턴의 상(image)을 웨이퍼 상으로 전사하는 단계와, 상기 웨이퍼 상으로 전사된 패턴들의 임계 선폴 값들의 분포를 구하는 단계와, 상기 임계 선폴 값들로부터 기준 임계 선폴 값을 설정하는 단계와, 상기 임계 선폴 값들을 상기 기준 임계 선폴 값에 비교하여 임계 선폴의 편차 값들을 구하는 단계와, 상기 임계 선폴 값들의 편차를 줄여주기 위해서 요구되는 조명 세기 떨어뜨림 값들의 분포를 구하는 단계와, 상기 조명 세기 변화 값과 상기 투과율 조절용 패턴의 패턴 밀도 값의 상관 관계를 이용하여 상기 조명 세기 떨어뜨림의 값들에 해당되는 상기 투과율 조

절용 패턴의 패턴 밀도 값들의 분포를 구하는 단계와, 상기 투과율 조절용 패턴의 패턴 밀도 값들의 분포를 구현하는 투과율 조절용 패턴 분포층을 상기 포토 마스크 기판의 후면 상에 구현하는 단계, 및 상기 투과율 조절용 패턴 분포층이 도입된 포토 마스크 기판을 사용하여 제2노광 과정을 수행하여 웨이퍼 상으로 상기 주 패턴의 상을 전사하는 단계를 포함하여 구성될 수 있다.

<51> 여기서, 상기 제2노광 과정은 상기 제1노광 과정과 동일한 조명계 조건을 사용할 수 있다.

<52> 본 발명에 따르면, 노광 조명계를 유지하면서도 노광 과정에서 웨이퍼 상으로 전사된 패턴들의 선폭 균일도를 효과적으로 개선할 수 있다.

<53> 이하, 첨부 도면을 참조하여 본 발명의 실시예를 상세히 설명한다. 그러나, 본 발명의 실시예들은 여러 가지 다른 형태로 변형될 수 있으며, 본 발명의 범위가 아래에서 상술하는 실시예들로 인해 한정되어지는 것으로 해석되어져서는 안된다. 본 발명의 실시예들은 당업계에서 평균적인 지식을 가진 자에게 본 발명을 보다 완전하게 설명하기 위해서 제공되어지는 것이다. 따라서, 도면에서의 요소의 형상 등은 보다 명확한 설명을 강조하기 위해서 과장되어진 것이며, 도면 상에서 동일한 부호로 표시된 요소는 동일한 요소를 의미한다. 또한, 어떤 층이 다른 층 또는 반도체 기판의 "상"에 있다라고 기재되는 경우에, 상기 어떤 층은 상기 다른 층 또는 반도체 기판에 직접 접촉하여 존재할 수 있고, 또는, 그 사이에 제3의 층이 개재되어질 수 있다.

<54> 본 발명의 실시예에서는 노광 과정으로 웨이퍼 상에 패턴을 전사할 때, 노광된 영역 내의 패턴들의 위치에 따라 임계 선폭(CD) 차이가 심각하게 발생하여 선폭 편차가 극심하게 발생하여 선폭 균일도가 저하되는 것을, 포토 마스크 수준에서 보상하여 보정

(correction)함으로써 웨이퍼 상의 패턴의 임계 선폭 균일도를 개선하는 방법을 제시한다.

<55> 본 발명의 실시예에서는 앞면에 전사될 주 패턴이 형성된 포토 마스크 기판의 후면에 투과율을 조절할 수 있는 투과율 조절용 패턴 분포층을 구현하는 바를 제시한다. 이러한 투과율 조절용 패턴 분포층은 노광에 의해서 웨이퍼 상으로 전사된 패턴들의 선폭이 보다 균일해지도록 유도한다. 포토 마스크 기판 후면에 구현되는 투과율 조절용 패턴 분포층은, 포토 마스크 기판을 투과하여 전면에 구현된 주 패턴에 입사하는 광의 세기 분포(illumination intensity distribution)를 미세하게 변화(또는 변형)시킨다.

<56> 이러한 조명 세기 분포의 변화는 투과율 조절용 패턴 분포층을 구성하는 투과율 조절용 패턴들의 조밀도, 또는 패턴 밀도 값 %의 변화에 의해서 이루어진다. 이때, 투과율 조절용 패턴들의 조밀도 또는 패턴 밀도 값의 변화에 의해서 투과율 조절용 패턴 분포층은 조명 세기 분포를 대략 50% 정도까지 변화시킬 수 있다. 그럼에도 불구하고, 투과율 조절용 패턴 분포층은 조명 세기 분포를 대략 20% 내로 변화시켜 조명계의 형상을 유지하도록 허용하는 것이 바람직하다. 예를 들어, 조명계가 애눌라 형상(annular shape)일 경우 이러한 애눌라 형상이 어느 정도 유지되며 변형될 정도로 조명 세기 분포를 변화시키는 것이 바람직하다. 이에 따라, 투과율 조절용 패턴 분포층 내에서의 투과율 조절용 패턴의 패턴 밀도 값은, 즉, 조밀도는 대략 5% 내로 변화되는 것이 바람직하다.

<57> 이와 같이 투과율 조절용 패턴 분포층은 포토 마스크 기판을 투과하는 조명의 조명 세기 분포를 변형시켜 웨이퍼 상에 형성되는 패턴들의 선폭 균일도가 개선되도록 유도한다. 즉, 투과율 조절용 패턴 분포층은 주 패턴에 입사되는 광의 세기 또는 도즈(dose)

가, 예컨대, 각각의 주 패턴에서 달라지도록 유도하여, 웨이퍼 상에 형성되는 패턴들 사이에 선폭 편차가 발생하는 것을 방지하거나 올바르게 보정하게 된다.

<58> 본 발명의 실시예들에서는 제작된 후 광 노광 장치를 사용하여 웨이퍼 상에 상(image) 전사를 기 수행한 포토 마스크 기판을 준비하고, 상기 포토 마스크 기판의 후면에 웨이퍼 상에서 측정되는 선폭 분포와 도즈 마진(dose margin)을 이용하여 적당한 투과율 분포를 갖도록 패터닝된 투과율 조절용 패턴 분포를 구현하여 웨이퍼 상의 선폭 균일도를 개선시킬 수 있는 방법을 제시한다. 이에 따라, 해당 포토 마스크 및 광 노광 장치의 조건에 맞는 임의의 투과율 분포를 아무 제약없이 포토 마스크 수준에서 구현할 수 있다.

<59> 도 1 및 도 2는 본 발명의 실시예에 의한 포토 마스크의 개념을 설명하기 위해서 개략적으로 도시한 도면들이다.

<60> 도 1 및 도 2를 참조하면, 도 1은 전형적인 포토 마스크를 도입한 노광 과정을 보여주고 있으며, 도 2는 본 발명의 실시예에 의한 포토 마스크를 도입한 노광 과정을 보여주고 있다. 웨이퍼 상에 도포된 포토레지스트(photoresist)의 노광을 위해서 조명계에 의해서 포토 마스크 기판(10, 100)에 입사될 조명광은 도 1 및 도 2에 도시된 바와 같이 균일한 조명 세기 분포(illumination intensity distribution)를 가지도록 설정된다. 이때, 조명계의 형상 또는 조건은 도 1 및 도 2의 두 경우 모두 동일하게 설정된다. 즉, 동일한 조명계 형상, 렌즈(lens) 조건 등을 가진다.

<61> 도 1에서와 같이 이러한 조명광이 포토 마스크 기판(10)에 직접 입사되면,

포토 마스크 기판(10)을 투과하는 동안에도 그 조명 세기 분포는 균일하게 유지된다. 포토 마스크 기판(10)을 투과한 광은 포토 마스크 기판(10)의 앞면에 구현된, 노광 과정에서 웨이퍼 상으로 전사될, 주 패턴(15)에 입사되고 이러한 주 패턴(15)의 상(image)을 웨이퍼 상으로 전사하도록 기대된다. 그런데, 실제 웨이퍼 상에서 측정되는 샷 균일도(shot uniformity 또는 인 필드 균일도(in field uniformity))는, 도 1에 제시되는 바와 같이, 웨이퍼 상의 패턴 위치에 따라 임계 선폭(CD)들이 달리 나타나게 되어, 즉, 임계 선폭들의 분포가 균일하게 나타나지 않아, 매우 낮은 균일도를 나타내는 경우가 발생할 수 있다.

<62> 본 발명의 실시예에서는 이러한 웨이퍼 상의 임계 선폭의 불균일한 분포를 균일하게 보정(correction)하기 위해서, 도 2에 제시된 바와 같이, 포토 마스크 기판(100)의 후면에 서로 다른 패턴 밀도 값들로 구성되어 패턴 조밀도가 영역에 따라 변화된 투과율 조절용 패턴(200)들로 구성되는 투과율 조절용 패턴(200) 분포층을 도입한다.

<63> 도 2를 참조하면, 조명광은 균일한 조명 세기 분포를 가지며 포토 마스크 기판(100)의 후면에 입사된다. 입사된 조명광은 포토 마스크 기판(100) 후면에 구현된 투과율 조절용 패턴(200)들에 의해서 회절 또는/및 간섭되게 된다. 이때, 투과율 조절용 패턴(200)은 위상차가 다른 영역으로 구성되거나 또는 입사되는 광을 반사 또는 흡수하여 투과한 광의 세기를 변화시키는 패턴으로 구성된다.

<64> 이에 따라, 포토 마스크 기판(100)을 투과하는 조명광의 세기 분포는 변형되게 된다. 이러한 변형된 세기 분포를 가지는 조명광은 포토 마스크(100)의 전면에서 구현된 주 패턴(150)에 입사하게 되고, 주 패턴(150)의 상을 웨이퍼 상으로 전사하게 된다. 이때, 각각의 주 패턴(150)에는 각기 다른 세기를 가지는 조명광이 입사되므로, 이러한 조명광

에 의해서 전사되는 상은 도 1에서 전사되는 상과는 실질적으로 다른 조명 조건에 따라 전사되게 된다.

<65> 도 1에서 얻어진 CD 분포, 즉, 웨이퍼 상에서의 샷 균일도 정도를 보정하도록 투과율 조절용 패턴(200) 분포를 조절하면, 실제 웨이퍼 상으로 전사되는 주 패턴의 상들의 CD 분포가 균일해지도록 유도할 수 있다. 이에 따라, 웨이퍼 상에서의 샷 균일도를 개선할 수 있다.

<66> 이와 같은 본 발명의 실시예에서의 투과율 조절용 패턴(200) 분포층을 도입하여 웨이퍼 상의 CD 분포를 균일하게 유도하는 것은, 웨이퍼 상에 구현되는 패턴의 CD가 노광 도즈에 따라 변화될 수 있다는 점에 기본적으로 근거한다. 이러한 노광 도즈의 변화를 줄 수 있는 것은, 투과율 조절용 패턴(200) 분포가 주 패턴(150)에 입사되는 광의 조명 조건(illumination condition)을 변형시킬 수 있기 때문에 가능하다.

<67> 도 3은 투과율 조절용 패턴(200) 분포층의 도입에 의해서 조명 조건이 변형되는 것을 개략적으로 보여준다.

<68> 도 3을 참조하면, 노광 과정에서 이용되는 조명광의 원 조명계(original illumination)는 도 3의 좌측에 묘사한 바와 같이 애눌라(annular) 형태로 설정할 수 있다. 물론, 조명계 조건에 따라 이러한 조명계의 형상은 달리 설정될 수 있다. 물론, 조명광은 노광 장치에 따라 애눌라 형상을 부여하는 부분이 포토 마스크를 지난 광의 경로에 위치하여 웨이퍼 상에 도달하는 조명광의 형상이 애눌라인 것이 정확한 표현이나, 설명의 편의를 위해서 조명계 조건이 애눌라 형상인 것을 가정한다. 이러한 원 조명계의 애눌라 형상은, 포토 마스크의 후면에 도입되는 투과율 조절용 패턴(200) 분포를 구성하는 패턴의 파워 스펙트럼(power spectrum)과 결합하여, 도 3의 우측에 묘사한 바와 같이

변형된 조명계(modified illumination)로 변형되게 된다. 이와 같은 변형된 조명계가 실질적으로 주 패턴(도 2의 150)의 상을 웨이퍼 상으로 전사하게 된다. 그럼에도 불구하고, 투과율 조절용 패턴(200) 분포를 구성하는 패턴의 파워 스펙트럼과 원 조명계가 결합되어 변형된 조명광이 주 패턴(150)에 입사되어, 주 패턴(150)에서의 실질적인 노광도즈량을 조절할 수 있게 된다.

<69> 그런데, 도 1에서와 같은 전형적인 포토 마스크 기판(10)을 이용한 노광 과정에서 웨이퍼 상에 발생하는 CD 차이는 어떠한 특정한 경향을 가지고 발생되기를 기대하는 것은 어렵다. CD 차이가 웨이퍼 상에 불특정하게 발생하는 것에 대응하기 위해서 포토 마스크 기판(100) 후면에 구현되는 투과율 조절용 패턴(200) 분포 또한 이러한 CD 차이 분포에 대응하여 구성되어야 한다.

<70> 이를 위해서, 포토 마스크(100) 후면에 구현되는 투과율 조절용 패턴(200)에 의해 구현되어 웨이퍼 상에 다다르는 변형된 조명광의 푸리에 스펙트럼(Fourier spectrum)을 살펴보면, 이러한 푸리에 스펙트럼은 푸리에 변환(Fourier transform)으로 간단히 살펴볼 수 있다.

<71> 도 4 포토 마스크 기판(100) 후면의 어느 일부 특정 영역에서의 투과율 조절용 패턴(200)이 형성된 형상을 보여주는 도면이다.

<72> 도 4를 참조하면, 포토 마스크 기판(100)의 어느 특정 영역 내에서 투과율 조절용 패턴(200)이 동일한 크기(d)와 동일한 이격 간격(p) 구현된 상태를 가정할 수 있다. 이때, 투과율 조절용 패턴(200)은 포토 마스크 기판(100)의 후면에 형성된 홈으로 구성된다고 편의상 가정될 수 있다. 이러한 홈은 포토 마스크 기판(100)의 후면에 대해서 180° 의 광 위상차(phase difference)를 구현할 수 있는 깊이로 형성된 것으로 가정한다. 실

질적으로, 이러한 홈 형상의 투과율 조절용 패턴(200)은 포토 마스크 기판(100)에 대해서 다른 광 위상차를 가지는 깊이로도 형성될 수 있다.

<73> 이와 같이 투과율 조절용 패턴(200)을 구성하면, 포토 마스크 기판(100) 면을 투과한 광은 0° 의 위상을 가지고, 투과율 조절용 패턴(200)을 투과한 광은 180° 의 위상을 가지게 된다. 이와 같은 위상차에 의해서 투과율 조절용 패턴(200)과 포토 마스크 기판(100) 면을 투과한 광 사이에는 간섭 현상 또는/및 회절 현상이 발생하게 된다. 이에 따라, 투과율 조절용 패턴(200)은 포토 마스크 기판(100)에 입사되는 광을 변형시키는 작용을 하게 된다.

<74> 투과율 조절용 패턴(200)에 의해 변형되어 웨이퍼 상에 다다른 광의 푸리에 스펙트럼은 푸리에 변환으로 살펴볼 수 있다. 먼저, 도 4에 제시된 바와 같은 투과율 조절용 패턴(200)의 배열 상태를 개개의 패턴별로 분리하여 푸리에 변환식을 구한 후, 얻어지는 푸리에 변환들을 컨볼루션 이론(convolution theorem)에 의해 본래 구현하고자 하는 도 4에 제시된 바와 같은 투과율 조절용 패턴(200)의 배열 상태에 대한 푸리에 변환식을 구할 수 있다. 구현된 푸리에 변환식에서 웨이퍼 상에 실질적으로 입사되는 광이 고차항(higher order term)이 없는 경우를 가정하여 그 결과를 구하면, 푸리에 변환식은 개략적으로 $(1 - 2d^2/p^2)$ 로 간략하게 주어지게 된다. 노광 세기는 이러한 푸리에 변환식에서 얻어진 값의 제곱인 $(1 - 2d^2/p^2)^2$ 로 주어지게 된다. 이때, $(1 - 2d^2/p^2)^2$ 는 간략히 하여 대략 $1 - 4d^2/p^2$ 값으로 대략적으로 간주할 수 있다.

<75> 이러한 결과는 투과율 조절용 패턴(200)의 크기(d) 및 배열 간격(p)을 변화시킴으로써, 투과율 조절용 패턴(200) 배열을 투과한 광, 즉, 포토 마스크(200) 내에 입사되어

투과되고 있는 광의 세기를 임의로 떨어뜨릴 수 있다는 것을 의미한다. 그리고, 이러한 결과는, 이론적으로 푸리에 변환 시에 고차항을 고려하지 않고, 투과율 조절용 패턴(200)의 밀도(d^2/p^2 값에 해당된다)가 작을 때, 최대 노광 세기의 떨어짐(drop)은 패턴 밀도(d^2/p^2)의 4 배까지임을 의미한다. 실제적인 경우에는 고차항이 0이 될 수 없으므로, 패턴 밀도에 대한 노광 세기 떨어짐의 기울기는 이러한 4 보다는 작게 된다.

<76> 도 5는 패턴 밀도에 따른 조명 세기 변화 경향을 개략적으로 보여주는 그래프들이 다.

<77> 도 5를 참조하면, 도 5는 여러 크기의 투과율 조절용 패턴(200)들에 대해서 패턴 밀도 값과 조명 세기 변화 값간의 상관 관계를 보여주고 있다. 조명 세기 수치는 노말라이즈(normalize)된 수치로 조명 세기 변화 값을 나타낸 것이다. 이때, 조명 조건은 0.7NA(Number of Aperture, 개구수)와 0.55 내지 0.85인 애놀라 형태의 조명계를 채용하였다. 노광 파장은 248nm로 고정하였다.

<78> 도 5의 그래프(graph)들의 경향을 살펴보면, 조명 세기의 떨어뜨림 정도가 패턴 밀도 변화에 따라 변화될 수 있음을 알 수 있다. 한편, 이러한 경향에서 투과율 조절용 패턴(200)의 크기가 작아질수록 이론적 임계에 근접하는 것을 알 수 있다. 이는 투과율 조절용 패턴(200)의 크기가 작아짐에 따라 회절 효과가 커지게 되고 고차항의 값이 작아지는 데 크게 기인하는 것으로 판단된다.

<79> 이러한 도 5의 결과는, 노광되는 영역 내의 특정한 부분에서 CD 차이가 발생할 경우, 이러한 CD 차이가 발생되는 포토 마스크 기판(100)의 어느 한 단위 영역 부분에 대해서 투과율 조절용 패턴(200)의 크기(d) 또는 이격 간격(p)에 변화를 상대적으로 주어

상대적으로 변형된 노광 세기를 이러한 포토 마스크 기판(200)의 단위 영역 부분에 개별적으로 제공할 수 있음을 의미한다.

<80> 한편, 투과율 조절용 패턴(200) 분포를 포토 마스크 기판(200) 후면에 구현할 때, 투과율 조절용 패턴(200) 분포가 조명계 pupils(illumination pupil) 형상을 극심하게 변형시키는 것은 바람직하지 않다. 조명계 pupils 형상이 극심하게 변형될 경우, 렌즈의 플레어(flare)가 증가된 것과 같은 원하지 않는 불량으로 간주될 수 있다.

<81> 도 6은 패턴 크기 및 패턴 밀도 변화에 따른 조명계 pupils 형상 차이를 보여주는 그래프들이다.

<82> 도 6을 참조하면, 도 6은 투과율 조절용 패턴(200)의 크기와 밀도에 따른 조명계 pupils 형상 차이를 보여준다. 이때, 조명 조건은 0.7NA와 0.55 내지 0.85인 애놀라 형태의 조명계를 채용하였다. 노광 파장은 248nm로 고정하였다. 또한, 측정된 조명계 pupils 형상 차이는
$$\frac{Q(A_{ij} - \frac{B_{ij}}{NII})^2}{Q A_{ij}^2}$$
로 주어진다. 여기서, A_{ij} 는 원 조명계 pupils 형상이고, B_{ij} 는 변형된 조명계 pupils 형상이며, NII는 노말라이즈된 조명계 세기(Normalized Illumination Intensity)를 의미한다.

<83> 도 6에 제시된 그래프들의 경향을 살펴보면, 패턴의 크기(d)가 작을수록 조명계 pupils 형상 변화가 작아짐을 알 수 있다. 따라서, 플레어(flare)의 증가를 방지할 목적에서는 투과율 조절용 패턴(200)의 크기가 작게 도입될 수록 유리한 점이 있다.

<84> 도 5 및 도 6을 참조하여 설명한 결과를 종합하면, 투과율 조절용 패턴(200)의 크기가 작을수록 작은 패턴 밀도에서도 큰 노광 조명 세기 떨어뜨림을 실현할 수 있으며, 원래의 조명계 형상을 유지하는 데 유리하다. 따라서, 현재 실제 양산 공정에 적용 가능

한 공정 상 구현할 수 있는 최소 패턴 크기로 투과율 조절용 패턴(200)을 구현하는 것이 유리한 점이 있다. 예를 들어, 광 노광 장치에서의 노광 세기 130mJ을 이용하는 공정에서 800nm의 크기로 투과율 조절용 패턴(200)을 구현할 수 있다. 800nm 크기의 사각형 패턴에 대한 패턴 밀도에 대한 노광 조명 세기의 상관 관계에서의 떨어뜨림 기울기(drop slope)는 대략 - 3.2로 실험적으로 구해질 수 있다.

<85> 이제까지의 도 3 내지 도 6을 참조하여 기술한 설명은, 본 발명의 실시예에서 도입되는 투과율 조절용 패턴(200) 분포에 의해서, 광 노광 장치의 조명계를 극심하게 변형시키지 않고도, 즉, 조명계를 미세하게 변형시키면서도 포토 마스크(100)의 주 패턴에 임의의 투과율 분포를 조절할 수 있는 근거들을 보여준다. 이때, 실질적으로 노광 과정을 수행하기 위해 설정된 조명계 조건은 변화되지 않는다. 이러한 근거들로부터 투과율 조절용 패턴(200) 분포를 웨이퍼 상에 발생한 CD 차이를 보정하도록 조절하여 포토 마스크 기판(200) 후면에 구현함으로써, 웨이퍼 상에 CD 차이가 발생하는 것을 올바르게 보정할 수 있다.

<86> 이와 같이 투과율 조절용 패턴(200)을 포토 마스크 기판(100) 후면에 구현하여 웨이퍼 상의 샷 균일도를 개선하는 바를 구체적인 실시예를 들어 보다 상세히 설명한다.

<87> 제1실시예

<88> 도 7은 보정 전의 전형적인 노광 과정에 의해 웨이퍼 상으로 전사된 패턴들에 발생한 임계 선평 분포를 개략적으로 보여주는 분포 도면이다.

- <89> 도 7을 참조하면, 도 7은 디자인 룰(design rule)이 $0.146\mu\text{m}$ 인 포토 마스크를 이용하여 노광 과정을 수행하여 웨이퍼 상으로 상 전사를 수행한 후, 웨이퍼 상의 노광된 영역 내의 CD 분포를 측정한 결과를 보여주고 있다. 측정된 결과는 5nm 단위로 도 7에 표시되고 있는 데, 대략 $125\text{--}130\text{ nm}$ 에서 $165\text{--}170\text{nm}$ 의 CD 분포를 보여주고 있다. 이때, 평균 CD 값은 148.1nm 로 측정되고, CD 분포의 3σ 는 28.8nm 이며 범위(range)는 43.1nm 이다.
- <90> 도 7에 제시된 바에 따르면, 분포도의 위에서 아래로 갈수록 CD가 커지고 있음을 알 수 있다. 즉, 분포도의 위에서 아래로 가며 CD가 커지는 경향의 CD 편차가 발생하였음을 보여주고 있다.
- <91> 도 8은 도 7의 임계 선평 분포에서의 도즈 마진(dose margin)을 보여주는 도면들이다.
- <92> 도 8을 참조하면, 도 7에 제시된 웨이퍼 상의 CD 분포에서 위쪽(top)에서의 적정 노광 도즈는 대략 30mJ 로 인지되나 아래로 갈수록 적정 노광 도즈는 28mJ , 26mJ 로 감소되는 상태임을 알 수 있다. 실질적으로 도 8에서의 도즈 마진을 살펴보면, 도 7의 분포도에 연관된 인 필드 도즈 차이(in field dose difference)는 대략 14.4% 에 이르고 있다. 또한, 도 8에 제시된 바에 따르면, 최적의 노광 도즈는 28mJ 로 추정할 수 있다.
- <93> 이와 같이 발생된 웨이퍼 상의 CD 차이를 보정하기 위해서, 먼저, 발생된 CD 차이를 적절하게 보정할 수 있도록, 발생된 CD 차이에 적합한 투과율 조절용 패턴 분포를 도 7의 CD 분포도를 얻는 데 사용된 포토 마스크 기판의 후면에 적절히 구현한다. 이러한 투과율 조절용 패턴 분포를 구현하는 것을 다음의 첨부되는 도면들을 참조하여 구체적으로 설명한다.

- <94> 도 9는 도 7의 CD 분포에 적절하게 대응되게 투과율 조절용 패턴 분포를 구현하기 위해서 노광된 영역들을 세분하는 다수의 단위 영역들을 임의로 설정한 상태를 개략적으로 보여준다.
- <95> 도 9를 참조하면, 도 7에 제시된 바와 같은 CD 분포를 보정하여 균일한 CD 분포를 구현하도록, 투과율 조절용 패턴 분포를 CD 분포에 적절하게 대응되도록 구현한다. 예를 들어, 도 9에 도시된 바와 같이 도 7의 CD 분포도의 영역, 즉, 노광된 영역을 대략 15개의 단위 영역들로 세분하여 구분한다. 즉, 아래 방향으로 5 단계의 영역으로 세분하여 구획짓고, 옆으로 3단계의 영역으로 세분하여 구획짓는다.
- <96> 각각의 단위 영역은 그 영역 내에서 CD 분포가 어느 정도 충족되게 균일한 것으로 간주될 수 있는 영역으로 세분되는 것이 바람직하나, 설명의 편의를 위해서 도 9에서와 같이 임의의 영역으로 설정한다. 그럼에도 불구하고, 실질적으로 도 7의 CD 분포가 아래 방향으로 갈수록 CD가 넓어지도록 분포되고 있으므로, 아래 방향으로 5 단계의 영역들로 편의 상 구획짓는다. 그리고, 투과율 조절용 패턴(200)의 크기에 따른 영향을 보여주기 위해서 옆으로 3단계의 영역을 구획짓는다.
- <97> 도 9에서 좌측의 종 방향으로 컬럼1(column 1:910)을 이루는 다섯 영역들(911, 913, 915, 917, 919)은 각각의 영역 내에서는 조명 세기 떨어뜨림(illumination intensity drop) 정도가 동일하게 이루어지도록 설정되나, 영역들(911, 913, 915, 917, 919) 사이에서는 서로 다른 조명 세기 떨어뜨림 정도가 다르도록 설정한다. 마찬가지로, 중간적 종 방향으로 컬럼2(930)를 이루는 다섯 영역들(931, 933, 935, 937, 939)도 설정된다. 단지, 컬럼2(930)에서는 투과율 조절용 패턴이 컬럼1(910)에서와는 다른 크기를

가지도록 설정한다. 우측의 종 방향으로 컬럼3(850)을 이루는 다섯 영역들(951, 953, 955, 957, 959)은 컬럼1(910)과 마찬가지로 설정된다.

<98> 이와 같이 이루어지는 15 개의 단위 영역들 각각에 설정되는 조명 세기 떨어뜨림 정도는 해당 영역에서 발생된 웨이퍼 상의 CD 크기 또는 기준 CD와의 차이에 의해서 설정된다. 예를 들어, 최상측의 영역들(911, 931, 951)에 해당되는 웨이퍼 상의 CD 크기를 기준으로 하면, 이러한 최상측의 영역들(911, 931, 951)에는 실질적으로 조명 세기 떨어뜨림이 불필요하여 실질적으로 0%의 조명 세기 변화가 요구된다고 가정할 수 있다. 따라서, 이러한 최상측의 영역들(911, 931, 951)에 해당되는 CD를 기준으로 설정한다.

<99> 이러한 최상측의 영역들(911, 931, 951)에는 조명 세기 떨어뜨림이 불필요하므로, 이러한 영역들(911, 931, 951)에 해당되는 투과율 조절용 패턴 분포층 부분을 구성하는 투과율 조절용 패턴들의 요구되는 패턴 밀도(d^2/p^2) 값은 0%로 설정한다. 그러나, 그 아래 방향으로 설정된 영역들에 해당되는 웨이퍼 상의 CD 분포는 도 7에 도시된 바와 같이 이러한 기준 영역들의 CD에 비해 큰 CD를 가지고 있다. 따라서, 이와 같이 큰 CD를 기준 CD와 대등한 CD로 줄여주기 위해서 아래에 설정된 영역들에는 기준 CD와의 차이를 보정할 정도로 조명 세기 떨어뜨림 값들을 구현하도록 패턴 밀도(d^2/p^2) 값들을 각각 설정한다.

<100> 예를 들어, 최상측 영역들(911, 931, 951)로부터 순차적으로 각 영역들이 아래 방향으로 순차적으로 1%의 패턴 밀도(d^2/p^2) 차이를 구현하도록 설정한다. 이에 따라, 도 9에 제시된 바와 같이 각각의 영역들에는 0%, 1%, 2%, 3%, 4%의 패턴 밀도(d^2/p^2) 값들이 적절하게 설정된다.

- <101> 이와 같이 각각의 단위 영역들에 설정되는 패턴 밀도(d^2/p^2)값들은 임의로 설정한다고 이해하기보다는 일정한 규칙에 의해서 합리적으로 설정된다고 이해되어야 한다. 보다 상세하게 설명하면, 이러한 패턴 밀도(d^2/p^2)값들은 도 7에서 제시된 웨이퍼 상에 발생된 CD 분포에서 CD 차이를 구함으로써 설정된다. 이때, 도즈 래티튜드(D_L:Dose Latitude)에 의해서 수치적으로 계산될 수 있다.
- <102> 도즈 래티튜드는 $\angle CD(nm)/\angle \%도즈(dose)$ 로 주어지며 각각의 노광 과정에서 측정에 의해서 구해질 수 있는 값이다. 예를 들어, 현재의 노광 과정에 사용된 노광 조건에서 단지 노광 도즈를 변화시켜 이러한 노광 도즈의 변화에 따른 웨이퍼 상의 임계 선폭의 변화를 측정하여, 노광 도즈 값을 X축에 기재하고 웨이퍼 상의 임계 선폭 값을 Y축에 기재하면, 이러한 XY 평면에서 표시되는 측정치들을 일정한 경향을 나타내게 된다. 이러한 측정치들을 연결하면 일정한 기울기를 가지는 직선이 그려진다. 이러한 직선의 기울기에 해당되는 값을 얻은 후, 현재 노광 과정에 사용된 노광 도즈 값을 이러한 기울기와 곱하면, 그 결과 값이 도즈 래티튜드에 해당되는 값이 된다.
- <103> 예를 들어, 도즈 변화에 따른 선폭 변화의 그래프의 기울기가 3.7 nm/mJ로 측정되고, 현재 노광 과정의 최적 노광 도즈, 즉, 웨이퍼 상에 패턴을 전사하는 데 실제 사용된 노광 도즈 값이 47.5mJ로 설정된 상태였다면, 현재 노광 과정의 도즈 래티튜드는 $3.7 \text{ nm/mJ} \times 47.5 \text{ mJ} / 100 = 1.76 \text{ nm} / \%도즈$ 의 도즈 래티튜드 값으로 구해진다.
- <104> 그럼에도 불구하고, 설명의 편의를 위해서, 현재, 양산 공정에서 허용되는 도즈 래티튜드 값이 2nm/%도즈라고 가정하고, 기준 CD에 대한 해당 단위 영역에서의 CD의 차이가 대략 30nm가 난다면, 해당 단위 영역에서는 대략 15%의 조명 세기 떨어뜨림 값이 요구된다. 도 5에 제시된 바와 같은 조명 세기 변화와 패턴 밀도의 상관 관계를 이용하여

15% 조명 세기 떨어뜨림 값에 해당되는 패턴 밀도를 구하면, 대략 4%의 수치의 패턴 밀도 값을 얻을 수 있다. 이와 같은 방법을 각각의 단위 영역들의 패턴 밀도 값을 구하는 데 적용하여 해당 단위 영역에서 구현될 패턴 밀도값을 설정한다. 따라서, 해당 단위 영역들에 대해서 이와 같이 얻어진 패턴 밀도 값들이 도 9에 제시되고 있는 것으로 이해되는 것이 바람직하다.

<105> 도 10은 도 7의 CD 분포를 보정하기 위한 투과율 조절용 패턴 분포층을 구성하기 위한 각각의 단위 영역들에 투과율 조절용 패턴들이 형성된 상태를 보여주는 평면도이다

<106> 도 10을 참조하면, 웨이퍼 상의 CD 차이를 보정하기 위해서, 도 7의 CD 분포도에 의존하여 각각의 단위 영역들에 요구되는 패턴 밀도 값들을 각각 구해 부여한 후, 부여된 해당 패턴 밀도 값들에 해당되는 패턴들을 각각의 단위 영역들에 형성한다.

<107> 예를 들어, 도 10에서 도시된 바와 같이 단위 영역 911에는 패턴 밀도 값이 0%로 설정되었으므로, 실질적으로 투과율 조절용 패턴(200)이 형성되지 않을 수 있다. 패턴 밀도는 (d^2/p^2) 으로 주어지므로, 패턴(200)을 해당되는 패턴 밀도 값을 구현하는 크기(d) 및 이격 간격(p)으로 구현한다. 따라서, 크기(d)를 0으로 설정하면, 실질적으로 0%의 패턴 밀도를 구현할 수 있다. 또한, 크기(d)를 상술한 바와 같이 $1.0\mu\text{m}$ 로 구현할 경우를 고려하면, 이격 간격(p)을 무한으로 두면 패턴 밀도가 0%가 되므로, 실질적으로 패턴이 형성되지 않은 결과와 대등해진다.

<108> 이때, 패턴(200)의 형상은 포토 마스크(100)의 후면에 형성된 사각형 홈으로 편의상 도시되었으나, 이러한 형태는 다른 형상으로 구현될 수도 있다. 또한, 이러한 패턴(200)은 패턴(200)이 형성된 부분과 패턴(200)이 형성되지 않은 부분이 위상차를 구현하

도록 홈의 깊이가 설정된다. 예를 들어, 180° 의 위상차를 구현하도록 홈의 깊이가 구현된다. 그럼에도 불구하고, 이러한 홈은 다른 값의 위상차를 구현하도록 구현될 수도 있다.

<109> 다시 도 10을 참조하면, 단위 영역 913에는 도 9에 제시된 바와 같이 1%의 패턴 밀도 값이 구현되도록 설정되었으므로, 이에 부합되게 패턴(201)이 형성된다. 이때, 패턴(201) 크기(d_1)는 도 9에 제시된 바와 같이 컬럼1(910)을 구성하는 단위 패턴들은 모두 $1.0\mu\text{m}$ 의 크기로 형성되도록 가정하였으므로, $1.0\mu\text{m}$ 크기로 설정된다. 따라서, 패턴 밀도 값 1%는 패턴의 이격 간격(p_{12})에 의해서 구현된다. 패턴 밀도 식 (d^2/p^2)에 의해서 패턴(201) 간의 이격 간격(p_{12})은 결정된다. 예를 들어, $10\mu\text{m}$ 의 이격 간격(p_{12})을 부여하면, 1%의 패턴 밀도 값을 구현할 수 있다.

<110> 단위 영역 915, 917, 919들에도 각각 해당되는 패턴 밀도 값들이 구현되도록 패턴 이격 간격 p_{13} , p_{14} , p_{15} 들이 각각 달리 설정된다. 물론, 이제까지 예시와는 달리 패턴 크기 d_1 을 $1.0\mu\text{m}$ 로 고정하지 않고 달리할 경우에는 이러한 이격 간격들 또한 달라질 수 있다.

<111> 도 10을 참조하면, 컬럼2(930)에 해당되는 단위 영역들 각각에도 해당되는 패턴 밀도 값들을 구현하도록 패턴 크기 및 패턴 간격을 달리하여 패턴(202)을 형성한다. 패턴들은 모두 $0.8\mu\text{m}$ 의 크기로 형성되도록 가정하였으므로, $0.8\mu\text{m}$ 크기로 설정된다. 따라서, 요구되는 패턴 밀도 값들을 위한 패턴(203)의 이격 간격들 p_{22} , p_{23} , p_{24} , p_{25} 는 각각 영역별로 달리 설정된다.

<112> 도 10을 다시 참조하면, 컬럼3(950)에 해당되는 단위 영역들 각각에도 해당되는 패턴 밀도 값들을 구현하도록 패턴 크기 및 패턴 간격을 달리하여 패턴(203)을 형성한다.

패턴들은 모두 $1.0\mu\text{m}$ 의 크기로 형성되도록 가정하였으므로, $1.0\mu\text{m}$ 크기로 설정된다. 따라서, 요구되는 패턴 밀도 값들을 위한 패턴(203)의 이격 간격들 P32, P33, P34, P35는 각각 영역별로 달리 설정된다.

<113> 실질적으로, $1.0\mu\text{m}$ 와 $0.8\mu\text{m}$ 크기의 패턴에 대해 패턴 밀도(또는 조밀도)를 4%까지 변화시켰을 때, 투과율, 즉, 조명 세기 떨어뜨림 정도를 각각 9.7%와 12.2%까지 변화시킬 수 있다. 이러한 결과는 영역에 따라 요구되는 조명 세기 떨어뜨림 정도를 도 5에 제시된 패턴 밀도와 조명 세기 간의 상관 관계에 대입함으로써 얻어질 수 있다.

<114> 이와 같은 단위 영역들로 구성되는 투과율 조절용 패턴(200) 분포를 포토 마스크 기판(100)의 후면에 구현한 후, 구현된 포토 마스크 기판(100), 즉, 보정된 포토 마스크 기판(100)을 이용하여 노광 과정을 수행하면, 웨이퍼 상의 CD 분포를 보다 균일하게 구현할 수 있다.

<115> 도 11은 보정된 포토 마스크 기판을 이용한 노광 과정에 의해 웨이퍼 상에 실제 구현된 패턴들에 발생한 임계 선포 분포를 개략적으로 보여주는 분포 도면이다.

<116> 도 11을 참조하면, 도 11은 도 7의 CD 분포를 구할 때 사용한 노광 과정을 이용하여 조명계 조건을 동일하게 사용하여 구한 웨이퍼 상의 패턴들의 CD 분포를 나타내고 있다. 단지, 사용된 포토 마스크 기판의 후면에 도 9 및 도 10을 참조하여 설명한 바와 같이 설정된 투과율 조절용 패턴 분포층을 구현한 후, 이러한 투과율 조절용 패턴 분포가 후면에 구현된 포토 마스크 기판을 노광 과정에 사용하였다. 따라서, 노광 과정에서 사용된 포토 마스크의 주 패턴은 도 7을 인용하여 설명한 경우와 마찬가지로 디자인 룰이 $0.146\mu\text{m}$ 인 활성 영역을 형성하기 위한 패턴이다. 또한 도 7에서와 마찬가지로, 웨이퍼 상에 형성된 패턴들의 CD를 측정한 결과는 5nm 단위로 표시되고 있는 데, 대략

130-135 nm에서 155-160nm의 CD 분포를 보여주고 있다. 이때, 평균 CD 값은 146.1nm로 측정되고, CD 분포의 3σ 는 15.3nm이며 CD 분포의 범위(range)는 24.3nm로 측정된다.

<117> 이러한 결과를 도 7에 제시된 CD 분포와 비교하여 다시 살펴보면, CD 분포의 3σ 가 28.8nm에서 15.3nm로 개선되었으며, 특히, 컬럼2(도 9 및 10의 930)에 해당되는 영역에서는 거의 균일한 CD 분포를 구현하고 있음을 알 수 있다. 컬럼2에 해당되는 영역은 투과율 조절용 패턴 분포를 구성하는 패턴 크기(d)를 대략 800nm로 설정한 영역으로, 다른 컬럼1 및 3 영역과 비교할 때 보다 효과적으로 CD 균일도를 개선시키고 있음을 알 수 있다. 이는 본 발명의 실시예에서와 같은 투과율 조절용 패턴 분포를 도입함으로써 웨이퍼 상에서 CD 차이가 발생하는 것을 거의 완벽하게 보정할 수 있음을 시사한다.

<118> 도 12는 도 11의 임계 선평 분포를 얻는 데 사용된 노광 과정에 대한 도즈 마진(dose margin)을 보여주는 도면들이다.

<119> 도 12를 참조하면, 대략 28mJ의 노광 도즈에서 패턴 형상의 차이가 최소가 되고 있는 것을 보여주고 있다. 실질적으로 대략 28.4mJ의 노광 도즈가 최적의 노광 도즈로 추정되며, 이때, 인 필드 도즈 차이는 대략 3.0%로 측정된다. 이는 도 8에서 제시된 14.4%에 이르는 인 필드 도즈 차이에 비해 매우 훌륭히 인 필드 도즈 차이가 개선되었음을 보여준다.

<120> 도 13은 도 11의 임계 선평 분포를 얻는 데 사용된 노광 과정에 대한 포커스 깊이(DoF:Depth of Focus) 마진을 보여주는 도면들이다.

<121> 도 13을 참조하면, DoF 측면에 대해서도 최적 포커스에서 인 필드 CD 차이가 대략 9nm로 측정된다. 이러한 포커스 마진 정도는 투과율 조절용 패턴 분포를 도입하지 않은

경우에 대해서 유의 차가 없는 수준으로 간주할 수 있다. 이는 투과율 조절용 패턴 분포를 도입하더라도 포커스 마진 등에는 악영향을 미치지 않는다는 것을 보여주는 결과이다.

<122> 이제까지 도 7 내지 도 13을 참조하여 설명한 본 발명의 제1실시예에 따르면, 포토 마스크의 후면에 투과율 조절용 패턴 분포를 구현함으로써 웨이퍼 상의 노광 면적 내에서 CD 차이가 발생하는 것을 글로벌(global)하게 개선시킬 수 있다. 이에 따라, 웨이퍼 상의 CD 균일도를 크게 개선시킬 수 있다.

<123> 한편, 이제까지의 제1실시예의 설명에서는 투과율 조절용 패턴 분포를 구성할 때, 그 영역 내에서 패턴 밀도(또는 조밀도)가 일정한 영역인 단위 영역들 임의로 설정하여 설명하였으나, 이러한 단위 영역은 그 크기가 좀 더 작게 세분화하여 투과율 조절용 패턴 분포를 구현할 수 있다. 예를 들어, 대략 1mm크기로 메쉬(mesh)를 주어 개개의 단위 영역들의 크기를 설정할 수 있다.

<124> 이러한 단위 영역의 크기는 노광 과정의 공간 해상도(spatial resolution)를 고려하고 애널라 조명계에 대해서 고려한 결과이다. 이때, 조명계는 $0.7NA/\text{애널라}$ (0.55 내지 0.85)일 경우이다. 이러한 조명계에서 공간 해상도는 대략 1.26mm 정도가 구해질 수 있는데, 이에 따라 메쉬를 1mm크기로 설정할 수 있다. 그럼에도 불구하고, 이러한 메쉬 크기, 즉, 단위 영역의 크기는 노광 과정에 참여하는 변수들, 예컨대, 조명계, 포토 마스크 등의 변수에 따라 달라질 수 있다.

<125> 이제까지 설명한 본 발명의 실시예에 의한 투과율 조절용 패턴 분포를 구현하는 방법을 개략적으로 정리하면 도 14에 제시된 바와 같다.

<126> 도 14는 본 발명의 제1실시예에 의한 투과율 조절용 패턴 분포를 구현하는 방법을 개략적으로 보여주는 공정 흐름도이다.

<127> 도 14를 참조하면, 먼저, 원 CD 분포(또는 CD 맵(map), 샷 균일도 맵)를 우선적으로 구한다(1410). 이러한 원 CD 분포는 투과율 조절용 패턴 분포가 구현되지 않은 전형적인 포토 마스크 기판을 사용한 노광 과정에 의해서 구현되는 웨이퍼 상의 CD들을 측정하여 맵으로 작성함으로써 구해진다. 이때, 필요에 따라, 이러한 원 CD 분포를 스무딩(smoothing)하는 과정을 추가로 도입할 수 있다. 이는 CD 편차가 너무 극심하게 발생한 수치들은 전체 CD 평균을 왜곡시킬 수 있으므로, 이러한 CD 편차가 비정상적으로 높게 나타나는 수치들을 필터링(filtering)하여 제거할 목적으로 수행된다.

<128> 한편, 별도로 이때 사용된 노광 과정의 도즈 래티튜드($\angle CD / \angle \% \text{도즈}$)를 구하고, 사용된 조명계 조건(예컨대, 조명계 형태, NA, σ)을 확보한다. 포토 마스크의 후면 영역을 다수의 단위 영역들로 세분한 후(1420), 이러한 단위 영역들에 구현될 패턴 밀도 값(또는 조밀도 값)을 구한다.

<129> 이러한 패턴 밀도 값은 원 CD 맵에서 해당 단위 영역에서의 CD 값을 확보한 후, 기준 CD에 대해서 어느 정도의 편차를 가지는 지를 파악한 후, 이러한 편차를 보상하기 위해서 구현되어야 할 조명 세기 떨어뜨림(illumination intensity drop) 값을 구하고(1430), 도 5에서 제시된 바와 같은 패턴 밀도와 조명 세기의 상관 관계를 이용하여 균일한 CD 분포를 구현하는 데 요구되는 조명 세기 떨어뜨림 값을 구현하는 투과율 조절용 패턴 밀도 값을 개별적으로 구함으로써 얻어진다(1440).

<130> 각각의 단위 영역들마다 이러한 투과율 조절용 패턴의 패턴 밀도 값을 얻으면 요구되는 패턴 밀도 값들에 대한 분포를 얻을 수 있게 된다(1450). 이러한 요구되는 패턴 밀

도 값들에 대한 분포에 부합되게 포토 마스크의 후면을 패터닝함으로써 투과율 조절용 패턴 분포가 구현된다(1460).

<131> 이제까지의 본 발명의 제1실시예에서는 투과율 조절용 패턴 분포를 포토 마스크의 후면에 패터닝을 수행하여 어떤 깊이를 가지는 홈을 형성하여 패턴으로 이용하는 바를 중점으로 본 발명을 설명하였다. 이러한 홈은 주위의 포토 마스크 면에 대해서 위상차를 발생시킴으로써, 투과되는 광이 회절 또는/ 및 간섭되도록 허용한다. 이때, 위상차는 대략 180° 정도가 바람직한 것으로 설명하였으나, 다른 값의 위상차도 채용되는 것이 가능하다. 이러한 회절 또는/ 및 간섭을 투과율 조절용 패턴 분포가 일으키므로, 투과율 조절용 패턴 분포를 지닌 광은 변형된 조명 세기 분포를 가지게 된다. 또한, 이러한 투과율 조절용 패턴 분포는 포토 마스크의 후면에 상기한 바와 같은 홈 형태가 아닌 다른 형태로도 구현될 수 있다. 이에 대해서는 다른 실시예에서 보다 상세하게 설명한다.

<132> 제2실시예

<133> 제2실시예에서는 이제까지의 제1실시예에서 설명한 바와 같은 투과율 조절용 패턴 분포층을 포토 마스크 기판 후면에 도입되는 물질층 패턴으로 구현하는 바를 제시한다.

<134> 도 15는 본 발명의 제2실시예에 의한 투과율 조절용 패턴 분포가 도입된 포토 마스크를 개략적으로 보여주는 단면도이다.

<135> 도 15를 참조하면, 투명한 기판, 예컨대, 석영 기판의 전면에 웨이퍼 상으로 전사하고자하는 주 패턴(150)이 형성된 포토 마스크 기판(100)의 후면에 차광층(shielding layer)을 형성한다. 이러한 차광층은 광의 반사나 흡수를 일으킬 수 있는 물질, 예컨대,

크롬(Cr)으로 형성될 수 있다. 이후에, 차광층을 패터닝하여 투과율 조절용 패턴(250)을 형성한다.

<136> 이러한 투과율 조절용 패턴(250)은, 도 7 내지 도 14를 참조하여 설명한 바와 같이 투과율 조절용 패턴(250)을 도입하지 않은 포토 마스크를 이용하여 노광 과정을 수행했을 때 웨이퍼 상에 발생된 CD 분포에 대응되게, 포토 마스크 기판(100) 후면에 분포 배치된다. 즉, 도 7 내지 도 14를 참조하여 설명한 바와 같이 패턴 밀도 값들의 분포를 구하여 이러한 패턴 밀도 값들의 분포에 따라 그 크기(d) 및 이격 간격(p)이 결정되는 투과율 조절용 패턴(250)들이 포토 마스크 기판(100) 후면에 분포 배치되게 한다.

<137> 이러한 투과율 조절용 패턴(250)은 입사되는 광을 반사 또는 흡수하여 주 패턴(150)으로 입사되는 조명 세기를 줄여주는 역할을 하므로, 결국, 이러한 투과율 조절용 패턴(250) 분포는 노광 도즈의 분포를 조절하는 역할을 하게 된다. 따라서, 도 11 내지 도 13을 참조하여 설명한 바와 같이 웨이퍼 상에 발생된 CD 편차를 보정하여 웨이퍼 상의 CD 균일도를 개선하는 효과가 구현될 수 있다.

<138> 한편, 이제까지의 제1실시에 및 제2실시에에서는 포토 마스크 기판(100)의 후면에 투과율 조절용 패턴 분포를 직접적으로 구현하는 바에 대해서 설명하였다. 그럼에도 불구하고, 투과율 조절용 패턴 분포는 별도의 보조 마스크 기판에 구현되어 포토 마스크 기판(100) 후측에 밀착되게 도입될 수 있다.

<139> 제3실시예

- <140> 제3실시예에서는 제1실시예 및 제2실시예에서의 설명한 바와는 달리, 투과율 조절용 패턴 분포층이 구현된 보조 마스크 기판을 포토 마스크 기판 후측에 도입하는 바를 제시한다.
- <141> 도 16은 본 발명의 제3실시예에 의한 투과율 조절용 패턴 분포가 도입된 포토 마스크를 개략적으로 보여주는 단면도이다.
- <142> 도 16을 참조하면, 투명한 기판의 보조 마스크 기판(275)의 후면에 투과율 조절용 패턴(270)을 형성한다. 이러한 투과율 조절용 패턴(270)은 보조 마스크 기판(275)에 홈 형태로 구현될 수 있으며, 이때, 홈은 보조 마스크 기판(275) 면에 대해서 투과하는 광에 어떤 위상차를 부여하는 작용을 할 수 있다. 이때, 구현되는 위상차는 대략 180° 일 수 있으나, 다른 수치의 위상차가 도입될 수도 있다. 이러한 위상차는 홈의 깊이에 의존하여 구현된다.
- <143> 이러한 투과율 조절용 패턴(270)은, 도 7 내지 도 14를 참조하여 설명한 바와 같이 투과율 조절용 패턴(270)을 도입하지 않은 포토 마스크 기판을 이용하여 노광 과정을 수행했을 때 웨이퍼 상에 발생된 패턴 CD 분포에 대응되게, 보조 마스크 기판(275) 상에 분포 배치된다. 즉, 도 7 내지 도 14를 참조하여 설명한 바와 같이 패턴 밀도 값들의 분포를 구하여 이러한 패턴 밀도 값들의 분포에 따라 패턴(270)들이 보조 마스크 기판(275) 후면에 분포 배치되게 한다.
- <144> 이와 같이 구현된 보조 마스크 기판(275)은 투명한 기판, 예컨대, 석영 기판의 전면에 웨이퍼 상으로 전사하고자하는 주 패턴(150)이 형성된 포토 마스크 기판(100)의 후측에 도입된다. 보조 마스크 기판(275)은 포토 마스크 기판(100)의 후측에 밀착하여 접착될 수 있는 데, 이때, 접착 부재(279)가 도입될 수 있다.

<145> 이러한 투과율 조절용 패턴(270)은 도 11 내지 도 13을 참조하여 설명한 바와 같이 웨이퍼 상에 발생된 CD 편차를 보정하여 웨이퍼 상의 CD 균일도를 개선하는 효과가 구현하는 역할을 한다.

<146> 제4실시예

<147> 제4실시예에서는 제3실시예에서와는 달리 투과율 조절용 패턴이 보조 마스크 기판 상에 차광층으로 형성되는 바를 제시한다.

<148> 도 17은 본 발명의 제4실시예에 의한 투과율 조절용 패턴 분포가 도입된 포토 마스크를 개략적으로 보여주는 단면도이다.

<149> 도 17을 참조하면, 투명한 기판의 보조 마스크 기판(285)의 후면에 투과율 조절용 패턴(280)이 형성된다. 이러한 투과율 조절용 패턴(280)은 보조 마스크(285) 상에 차광층으로 구현될 수 있다. 이러한 차광층은 도 15에서 설명한 차광층의 패턴(250)과 같이 입사되는 광을 반사하거나 흡수하여 투과되는 광의 도즈를 줄여주는 역할을 한다.

<150> 이러한 투과율 조절용 패턴(280)은, 도 7 내지 도 14를 참조하여 설명한 바와 같이 투과율 조절용 패턴(280)을 도입하지 않은 포토 마스크 기판을 이용하여 노광 과정을 수행했을 때 웨이퍼 상에 발생된 CD 분포에 대응되게, 보조 마스크 기판(285) 상에 분포 배치된다.

<151> 이와 같이 구현된 보조 마스크 기판(285)은 투명한 기판, 예컨대, 석영 기판의 전면에 웨이퍼 상으로 전사하고자하는 주 패턴(150)이 형성된 포토 마스크 기판(100)의 후

측에 도입된다. 보조 마스크 기관(285)은 포토 마스크 기관(100)의 후측에 밀착하여 접착될 수 있는 데, 이때, 접착 부재(279)가 도입될 수 있다.

<152> 이러한 투과율 조절용 패턴(280)은 도 11 내지 도 13을 참조하여 설명한 바와 같이 웨이퍼 상에 발생된 CD 편차를 보정하여 웨이퍼 상의 CD 균일도를 개선하는 효과가 구현하는 역할을 한다.

<153> 제5실시예

<154> 제5실시예에서는 포토 마스크의 후면에 투과율 조절을 위한 광 흡수층 증착하여 투과율 조절용 패턴 분포로 이용하는 바를 제시한다.

<155> 도 18은 본 발명의 제5실시예에 의한 투과율 조절용 패턴 분포로 광 흡수층이 도입된 포토 마스크를 개략적으로 보여주는 단면도이다.

<156> 도 18을 참조하면, 포토 마스크 기관(100)을 투과하는 광의 투과율 분포, 또는 조명 세기 분포를 조절하기 위해서 포토 마스크 기관(100)의 후면에 광 흡수층(290)을 증착하고 패터닝하여 투과율 조절용 패턴 분포로 이용할 수 있다.

<157> 이러한 광 흡수층(290)은 크롬층 등과 같이 광이 그 막질 내를 투과하는 도중에 흡수될 수 있는 물질층으로 이루어진다. 이러한 광 흡수층(290)은 도 7에 제시된 바와 같은 CD 분포를 균일하게 유도하기 위해서 이러한 CD 분포에 대응하는 조명 세기 떨어뜨림 값들의 분포를 구현하기 위해서, 그 두께가 이러한 조명 세기 떨어뜨림 값들의 분포에 따라 변화되도록 구현된다.

<158> 예를 들어, 도 1에 제시된 바와 같이 웨이퍼 상의 위치에 대한 CD 분포가 가운데에서 CD 편차가 최대이고 양측으로 CD 편차가 감소되는 포물선 형태로 발생한다면, 이러한 CD 편차를 감소시키기 위한 조명 세기 분포는 도 2에 제시된 바와 같은 변형된 조명 세기 분포 곡선 형태로 구해지게 된다. 광 흡수층(290)은 광이 투과되는 경로가 증가할수록 흡수하는 광량이 많아지게 되므로, 도 18에 제시된 바와 같이 가운데의 두께가 다른 양측부의 두께보다 두꺼운 곡면의 표면을 갖도록 광 흡수층(290)을 구현하면, 이러한 조명 세기 분포 곡선을 구현할 수 있다.

<159> 이와 같이 광 흡수층(290)이 곡면진 표면 패턴을 가지도록 구현하는 것은 광 흡수층(290)을 증착하는 과정에서 구현될 수도 있다. 즉, 포토 마스크(100)의 가운데 부분에서 다른 부분에서보다 증착 속도가 빠르게 하면, 도 18에서와 같은 광 흡수층(290)을 구현할 수 있다. 반대로, 포토 마스크(100)의 가운데 부분에서 다른 부분에서보다 증착 속도가 느리게 하면, 도 18에서와는 반대로 곡면진 표면을 가지는 광 흡수층을 구현할 수 있다.

<160> 이러한 광 흡수층(290)의 표면에 패턴을 부여하는 것은, 즉, 광 흡수층(290)의 두께가 변형된 조명 세기 분포를 구현하기 위해서 변화되도록 패터닝하는 것은, 상기한 바와 같은 증착 과정에서 구현될 수도 있으나, 균일한 두께의 광 흡수층을 형성한 후 광 흡수층을 부분 식각하는 방법으로도 구현될 수 있다. 즉, 양측부로 갈수록 식각량이 증가하는 식각 과정을 통해서 균일한 두께의 광 흡수층을 부분 식각함으로써 광 흡수층이 변형된 조명 세기 분포를 포토 마스크(100)에 제공하도록 할 수 있다. 또는 선택적인 식각 과정을 도입하여 상기한 바와 같이 두께가 영역별로 달라지는 광 흡수층을 구현할 수도 있다.

<161> 그럼에도 불구하고, 이러한 광 흡수층(290) 또한 CD 편차에 대응하여 CD 편차를 줄여주기 위해서 조명 세기 떨어뜨림을 구현한다는 점에서 이전에 제시한 실시예들에서 제시된 바와 같은 투과율 조절용 패턴 분포와 대등하게 이해될 수 있다.

<162> 이상, 본 발명을 구체적인 실시예를 통하여 상세히 설명하였으나, 본 발명은 이에 한정되지 않고, 본 발명의 기술적 사상 내에서 당 분야의 통상의 지식을 가진 자에 의해 그 변형이나 개량이 가능함이 명백하다.

【발명의 효과】

<163> 상술한 본 발명에 따르면, 포토 마스크 기판의 후면에 투과율 조절용 패턴 분포층을 도입함으로써, 노광 장치에서의 조명계 조건의 변화 없이도 포토 마스크를 투과하는 조명광을 임의로 목적에 맞게 변형시킬 수 있다. 이에 따라, 웨이퍼 상에 발생한 CD 편차를 각각의 경우에 맞게 보정하여 CD 편차를 줄여 웨이퍼 상의 CD 균일도를 개선시킬 수 있다.

【특허청구범위】**【청구항 1】**

주 패턴이 앞면에 구현된 포토 마스크 기판을 도입하는 단계;

노광 시 사용될 조명계의 조명 세기 변화 값과 상기 포토 마스크 기판 후면에 도입될 투과율 조절용 패턴의 패턴 밀도 값의 상관 관계를 구하는 단계;

상기 포토 마스크 기판을 사용하여 노광 과정을 수행하여 상기 주 패턴의 상(image)을 웨이퍼 상으로 전사하는 단계;

상기 웨이퍼 상으로 전사된 패턴들의 임계 선폭 값들의 분포를 구하는 단계;

상기 임계 선폭 값들로부터 기준 임계 선폭 값을 설정하는 단계;

상기 임계 선폭 값들을 상기 기준 임계 선폭 값에 비교하여 임계 선폭의 편차 값들을 구하는 단계;

상기 임계 선폭 값들의 편차를 줄여주기 위해서 요구되는 조명 세기 떨어뜨림 값들의 분포를 구하는 단계;

상기 조명 세기 변화 값과 상기 투과율 조절용 패턴의 패턴 밀도 값의 상관 관계를 이용하여 상기 조명 세기 떨어뜨림의 값들에 해당되는 상기 투과율 조절용 패턴의 패턴 밀도 값들의 분포를 구하는 단계; 및

상기 투과율 조절용 패턴의 패턴 밀도 값들의 분포를 구현하는 투과율 조절용 패턴 분포층을 상기 포토 마스크 기판의 후면 상에 구현하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 웨이퍼 상의 임계 선폭을 제어할 수 있는 포토 마스크 제조 방법.

【청구항 2】

제1항에 있어서, 상기 기준 임계 선폭 값은

상기 임계 선폭 값들의 분포 중 최소인 임계 선폭 값으로 설정되는 것을 특징으로 하는 웨이퍼 상의 임계 선폭을 제어할 수 있는 포토 마스크 제조 방법.

【청구항 3】

제1항에 있어서, 상기 조명 세기 변화 값과 상기 포토 마스크 기판 후면에 도입될 투과율 조절용 패턴의 패턴 밀도 값의 상관 관계를 구하는 단계는

임의의 크기와 이격 간격을 가지는 임의의 패턴을 상기 포토 마스크 기판의 후면에 도입하는 단계;

상기 임의의 패턴에 의해서 상기 노광 과정에서 상기 주 패턴에 변형되어 입사되는 조명 세기를 상기 임의 패턴의 크기 및 이격 간격의 함수로 푸리에 변환(Fourier Transform)을 이용하여 구하는 단계; 및

상기 구해진 조명 세기와 상기 임의의 패턴의 크기 및 이격 간격 간의 함수 관계로부터 상기 조명 세기와 $(\text{상기 임의의 패턴의 크기})^2 / (\text{상기 임의의 패턴의 이격 간격})^2$ 로 설정되는 상기 패턴 밀도 값의 상관 관계를 구하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 웨이퍼 상의 임계 선폭을 제어할 수 있는 포토 마스크 제조 방법.

【청구항 4】

제3항에 있어서, 상기 조명 세기와 상기 임의 패턴의 크기 및 이격 간격 간의 함수 관계는

상기 조명 세기가 대략 $1 - 4(\text{패턴의 크기})^2/(\text{패턴의 이격 간격})^2$ 에 해당되는 관계인 것을 특징으로 하는 웨이퍼 상의 임계 선폭을 제어할 수 있는 포토 마스크 제조 방법.

【청구항 5】

제1항에 있어서, 상기 조명 세기 떨어뜨림 값의 분포를 구하는 단계는

상기 조명계에서의 노광 도즈(dose) 변화량에 대한 노광된 패턴의 임계 선폭 변화량으로 주어지는 도즈 래티튜드(dose latitude) 값을 구하는 단계; 및

상기 도즈 래티튜드 값에 상기 임계 선폭 값의 편차를 대입하여 상기 임계 선폭 값의 편차에 해당되는 노광 도즈 변화량을 역산하여 상기 조명 세기 떨어뜨림 값으로 설정하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 웨이퍼 상의 임계 선폭을 제어할 수 있는 포토 마스크 제조 방법.

【청구항 6】

제1항에 있어서, 상기 투과율 조절용 패턴들은

상기 투과율 조절용 패턴의 패턴 밀도 값은 상기 투과율 조절용 패턴 분포층 내에서 대략 0% 내지 5%의 범위 내에서 변화되도록 형성되는 것을 특징으로 하는 웨이퍼 상의 임계 선폭을 제어할 수 있는 포토 마스크 제조 방법.

【청구항 7】

제1항에 있어서, 상기 투과율 조절용 패턴은

대략 $0.8\mu\text{m}$ 의 크기로 형성되는 것을 특징으로 하는 웨이퍼 상의 임계 선폭을 제어할 수 있는 포토 마스크 제조 방법.

【청구항 8】

제1항에 있어서, 상기 투과율 조절용 패턴은

상기 포토 마스크 기판의 후면을 선택적으로 식각하여 형성된 홈을 포함하여 구성되는 것을 특징으로 하는 웨이퍼 상의 선폭을 제어할 수 있는 포토 마스크 제조 방법.

【청구항 9】

제8항에 있어서, 상기 홈은

상기 포토 마스크 기판의 후면을 투과하는 광에 대해서 상기 홈을 투과하는 광이 차이가 나는 다른 위상을 가지도록 어떤 크기의 깊이로 형성되는 것을 특징으로 하는 웨이퍼 상의 선폭을 제어할 수 있는 포토 마스크 제조 방법.

【청구항 10】

제8항에 있어서, 상기 홈은

상기 포토 마스크 기판의 후면을 투과하는 광과 상기 홈을 투과하는 광 사이에 회절 또는 간섭 현상이 발생하도록 허용하도록 유도하는 것을 특징으로 하는 웨이퍼 상의 선폭을 제어할 수 있는 포토 마스크 제조 방법.

【청구항 11】

제1항에 있어서, 상기 투과율 조절용 패턴은

상기 포토 마스크 기판의 후면을 덮고 입사되는 광을 반사 및 흡수하는 차광층을 형성하는 단계; 및

상기 차광층을 선택적으로 식각하는 단계를 포함하여 구현되는 것을 특징으로 하는 웨이퍼 상의 선폭을 제어할 수 있는 포토 마스크 제조 방법.

【청구항 12】

제11항에 있어서, 상기 차광층은

크롬층을 포함하여 형성되는 것을 특징으로 하는 웨이퍼 상의 선폭을 제어할 수 있는 포토 마스크 제조 방법.

【청구항 13】

제1항에 있어서, 상기 투과율 조절용 패턴 분포층은

상기 포토 마스크 기판의 후면에 투명한 보조 마스크 기판을 도입하는 단계; 및
상기 보조 마스크 기판 상에 상기 투과율 조절용 패턴을 형성하는 단계를 포함하여
구현되는 것을 특징으로 하는 웨이퍼 상의 임계 선폭을 제어할 수 있는 포토 마스크 제조 방법.

【청구항 14】

제13항에 있어서, 상기 투과율 조절용 패턴은

상기 보조 마스크 기판의 후면을 선택적으로 식각하여 형성된 홈을 포함하여 구성
되는 것을 특징으로 하는 웨이퍼 상의 선폭을 제어할 수 있는 포토 마스크 제조 방법.

【청구항 15】

제14항에 있어서, 상기 홈은

상기 보조 마스크 기판의 후면을 투과하는 광에 대해서 상기 홈을 투과하는 광이
차이가 나는 다른 위상을 가지도록 어떤 크기의 깊이로 형성되는 것을 특징으로 하는 웨
이퍼 상의 선폭을 제어할 수 있는 포토 마스크 제조 방법.

【청구항 16】

제15항에 있어서, 상기 홈은

상기 보조 마스크 기판의 후면을 투과하는 광과 상기 홈을 투과하는 광 사이에 회절 또는 간섭 현상이 발생하도록 허용하도록 유도하는 것을 특징으로 하는 웨이퍼 상의 선폭을 제어할 수 있는 포토 마스크 제조 방법.

【청구항 17】

제13항에 있어서, 상기 투과율 조절용 패턴은

상기 보조 마스크 기판의 후면을 덮고 입사되는 광을 반사 및 흡수하는 차광층을 형성하는 단계; 및

상기 차광층을 선택적으로 식각하는 단계를 포함하여 구현되는 것을 특징으로 하는 웨이퍼 상의 선폭을 제어할 수 있는 포토 마스크 제조 방법.

【청구항 18】

제17항에 있어서, 상기 차광층은

크롬층을 포함하여 형성되는 것을 특징으로 하는 웨이퍼 상의 선폭을 제어할 수 있는 포토 마스크 제조 방법.

【청구항 19】

웨이퍼 상으로 노광 과정을 통해서 전사될 주 패턴이 앞면에 구현된 포토 마스크 기판을 도입하는 단계; 및

상기 주 패턴에 입사될 광의 조명 세기 분포를 변화시키기 위해서 영역에 따라 다른 패턴 밀도 값을 가지는 투과율 조절용 패턴들을 포함하여 구성되는 투과율 조절용

패턴 분포층을 상기 포토 마스크 기판 후면 상에 도입하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 웨이퍼 상의 임계 선폴을 제어할 수 있는 포토 마스크 제조 방법.

【청구항 20】

제19항에 있어서, 상기 투과율 조절용 패턴의 패턴 밀도 값은

상기 주 패턴이 상기 웨이퍼 상에 전사되어 형성된 전사된 패턴들의 임계 선폴 값들의 분포에 대응하여 상기 임계 선폴 값들의 편차를 줄여주기 위해서 요구되는 조명 세기 떨어뜨림 값을 구현하는 값으로 구해지는 것을 특징으로 하는 웨이퍼 상의 임계 선폴을 제어할 수 있는 포토 마스크 제조 방법.

【청구항 21】

노광 과정을 통해서 웨이퍼 상으로 전사될 주 패턴이 앞면에 구현된 포토 마스크 기판을 도입하는 단계; 및

제 1단위 영역 및 제2단위 영역을 포함하여 상기 포토 마스크를 세분하여 설정되는 다수의 단위 영역들을 포함하여 구현되고

상기 제1단위 영역을 지나 상기 주 패턴에 입사될 광의 조명 세기가 상기 제2단위 영역을 지나 상기 주 패턴에 입사될 광의 조명 세기와 다르게 상기 광의 조명 세기 분포를 변화시키는 투과율 조절용 패턴 분포층을 상기 포토 마스크 기판 후면 상에 도입하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 웨이퍼 상의 임계 선폴을 제어할 수 있는 포토 마스크 제조 방법.

【청구항 22】

제21항에 있어서, 상기 투과율 조절용 패턴 분포층은

상기 조명 세기 분포를 변화시키기 위해서 상기 제1단위 영역과 상기 제2단위 영역에서 서로 다른 투과율 조절용 패턴의 패턴 밀도 값들을 갖도록 형성되는 것을 특징으로 하는 웨이퍼 상의 임계 선평을 제어할 수 있는 포토 마스크 제조 방법.

【청구항 23】

제22항에 있어서, 상기 제1단위 영역의 투과율 조절용 패턴은

상기 제1단위 영역에 대응되는 웨이퍼 상의 영역에 전사되어 형성된 전사된 패턴의 임계 선평 값을 줄여주기 위해서 요구되는 조명 세기 떨어뜨림 값을 구현하는 패턴 밀도 값들로 형성되는 것을 특징으로 하는 웨이퍼 상의 임계 선평을 제어할 수 있는 포토 마스크 제조 방법.

【청구항 24】

주 패턴이 앞면에 구현된 포토 마스크 기판을 도입하는 단계;

상기 포토 마스크 기판을 사용하여 노광 과정을 수행하여 상기 주 패턴의 상(image)을 웨이퍼 상으로 전사하는 단계;

상기 웨이퍼 상으로 전사된 패턴들의 임계 선평 값들의 분포를 구하는 단계;

상기 임계 선평 값들로부터 기준 임계 선평 값을 설정하는 단계;

상기 임계 선평 값들을 상기 기준 임계 선평 값에 비교하여 임계 선평의 편차 값들을 구하는 단계;

상기 임계 선평 값들의 편차를 줄여주기 위해서 요구되는 조명 세기 떨어뜨림 값들의 분포를 구하는 단계;

상기 조명 세기 떨어뜨림 값들의 분포에 해당되는 만큼 투과하는 조명광을 흡수하여 조명 세기를 줄여주어 변형된 조명 세기 분포를 상기 주 패턴에 제공하는 광흡수층으로 구성되는 투과율 조절용 패턴 분포층을 상기 포토 마스크 기판의 후면 상에 구현하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 웨이퍼 상의 임계 선폭을 제어할 수 있는 포토 마스크 제조 방법.

【청구항 25】

제24항에 있어서, 상기 광흡수층은

상기 조명 세기 떨어뜨림 값들에 따라 두께가 달라지도록 형성되는 것을 특징으로 하는 웨이퍼 상의 임계 선폭을 제어할 수 있는 포토 마스크 제조 방법.

【청구항 26】

노광 과정을 통해서 웨이퍼 상으로 전사될 주 패턴이 앞면에 구현된 포토 마스크 기판; 및

상기 포토 마스크 기판 후면 상에 도입되고

상기 주 패턴에 입사될 광의 조명 세기 분포를 변화시키기 위해서 영역에 따라 다른 패턴 밀도 값들을 가지는 투과율 조절용 패턴들을 포함하여 구성되는 투과율 조절용 패턴 분포층을 포함하는 것을 특징으로 하는 웨이퍼 상의 임계 선폭을 제어할 수 있는 포토 마스크.

【청구항 27】

제26항에 있어서, 상기 투과율 조절용 패턴의 패턴 밀도 값은

상기 주 패턴이 상기 웨이퍼 상에 전사되어 형성된 전사된 패턴들의 임계 선폭 값들의 분포에 대응하여 상기 임계 선폭 값들의 편차를 줄여주기 위해서 요구되는 조명 세기 떨어뜨림 값에 해당되는 조명 세기 변화 값을 구현하는 값으로 구현된 것을 특징으로 하는 웨이퍼 상의 임계 선폭을 제어할 수 있는 포토 마스크.

【청구항 28】

제26항에 있어서, 상기 투과율 조절용 패턴들은

상기 투과율 조절용 패턴의 패턴 밀도 값이 상기 투과율 조절용 패턴 분포층 내에서 대략 0% 내지 5%의 범위 내에서 변화된 것을 특징으로 하는 웨이퍼 상의 임계 선폭을 제어할 수 있는 포토 마스크.

【청구항 29】

제26항에 있어서, 상기 투과율 조절용 패턴은

대략 $0.8\mu\text{m}$ 의 크기로 형성된 것을 특징으로 하는 웨이퍼 상의 임계 선폭을 제어할 수 있는 포토 마스크.

【청구항 30】

제26항에 있어서, 상기 투과율 조절용 패턴은

상기 포토 마스크 기판의 후면에 선택적으로 식각된 홈을 포함하는 것을 특징으로 하는 웨이퍼 상의 선폭을 제어할 수 있는 포토 마스크.

【청구항 31】

제30항에 있어서, 상기 홈은

상기 포토 마스크 기판의 후면을 투과하는 광에 대해서 상기 홈을 투과하는 광이 차이가 나는 다른 위상을 가지도록 어떤 크기의 깊이로 형성된 것을 특징으로 하는 웨이퍼 상의 선폭을 제어할 수 있는 포토 마스크.

【청구항 32】

제30항에 있어서, 상기 홈은

상기 포토 마스크 기판의 후면을 투과하는 광과 상기 홈을 투과하는 광 사이에 회절 또는 간섭 현상이 발생하도록 허용하도록 유도하는 것을 특징으로 하는 웨이퍼 상의 선폭을 제어할 수 있는 포토 마스크.

【청구항 33】

제26항에 있어서, 상기 투과율 조절용 패턴은

상기 포토 마스크 기판의 후면을 덮고 입사되는 광을 반사 및 흡수하는 차광층을 포함하여 구성된 것을 특징으로 하는 웨이퍼 상의 선폭을 제어할 수 있는 포토 마스크.

【청구항 34】

제33항에 있어서, 상기 차광층은

크롬층을 포함하여 구성된 것을 특징으로 하는 웨이퍼 상의 선폭을 제어할 수 있는 포토 마스크.

【청구항 35】

제26항에 있어서, 상기 투과율 조절용 패턴 분포층은

상기 포토 마스크 기판의 후면에 도입된 투명한 보조 마스크 기판; 및

상기 보조 마스크 기판 상에 구현된 상기 투과율 조절용 패턴을 포함하는 것을 특징으로 하는 웨이퍼 상의 임계 선폴을 제어할 수 있는 포토 마스크.

【청구항 36】

제35항에 있어서, 상기 투과율 조절용 패턴은

상기 보조 마스크 기판의 후면에 선택적으로 식각된 홈을 포함하여 구성된 것을 특징으로 하는 웨이퍼 상의 선폴을 제어할 수 있는 포토 마스크.

【청구항 37】

제36항에 있어서, 상기 홈은

상기 보조 마스크 기판의 후면을 투과하는 광에 대해서 상기 홈을 투과하는 광이 차이가 나는 다른 위상을 가지도록 어떤 크기의 깊이로 형성된 것을 특징으로 하는 웨이퍼 상의 선폴을 제어할 수 있는 포토 마스크.

【청구항 38】

제35항에 있어서, 상기 홈은

상기 보조 마스크 기판의 후면을 투과하는 광과 상기 홈을 투과하는 광 사이에 회절 또는 간섭 현상이 발생하도록 허용하도록 유도하는 것을 특징으로 하는 웨이퍼 상의 선폴을 제어할 수 있는 포토 마스크.

【청구항 39】

제35항에 있어서, 상기 투과율 조절용 패턴은

상기 보조 마스크 기판의 후면을 선택적으로 덮고 입사되는 광을 반사 및 흡수하는 차광층을 포함하는 것을 특징으로 하는 웨이퍼 상의 선폭을 제어할 수 있는 포토 마스크

【청구항 40】

제39항에 있어서, 상기 차광층은 크롬층을 포함하여 형성된 것을 특징으로 하는 웨이퍼 상의 선폭을 제어할 수 있는 포토 마스크.

【청구항 41】

노광 과정을 통해서 웨이퍼 상으로 전사될 주 패턴이 앞면에 구현된 포토 마스크 기판; 및

상기 포토 마스크 기판 후면 상에 제1단위 영역 및 제2단위 영역을 포함하여 상기 포토 마스크를 세분하여 설정되는 다수의 단위 영역들을 포함하여 구현되고

상기 제1단위 영역을 지나 상기 주 패턴에 입사될 광의 조명 세기가 상기 제2단위 영역을 지나 상기 주 패턴에 입사될 광의 조명 세기와 다르게 상기 광의 조명 세기 분포를 변화시키는 투과율 조절용 패턴 분포층을 포함하는 것을 특징으로 하는 웨이퍼 상의 임계 선폭을 제어할 수 있는 포토 마스크.

【청구항 42】

제41항에 있어서, 상기 투과율 조절용 패턴 분포층은

상기 조명 세기 분포를 변화시키기 위해서 상기 제1단위 영역과 상기 제2단위 영역에서 서로 다른 패턴 밀도 값들을 갖는 것을 특징으로 하는 웨이퍼 상의 임계 선폴을 제어할 수 있는 포토 마스크.

【청구항 43】

주 패턴이 앞면에 구현된 포토 마스크 기판을 도입하는 단계;

노광 시 사용될 조명계의 조명 세기 변화 값과 상기 포토 마스크 기판 후면에 도입될 투과율 조절용 패턴의 패턴 밀도 값의 상관 관계를 구하는 단계;

상기 포토 마스크 기판을 사용하여 제1노광 과정을 수행하여 상기 주 패턴의 상(image)을 웨이퍼 상으로 전사하는 단계;

상기 웨이퍼 상으로 전사된 패턴들의 임계 선폴 값들의 분포를 구하는 단계;

상기 임계 선폴 값들로부터 기준 임계 선폴 값을 설정하는 단계;

상기 임계 선폴 값들을 상기 기준 임계 선폴 값에 비교하여 임계 선폴의 편차 값들을 구하는 단계;

상기 임계 선폴 값들의 편차를 줄여주기 위해서 요구되는 조명 세기 떨어뜨림 값들의 분포를 구하는 단계;

상기 조명 세기 변화 값과 상기 투과율 조절용 패턴의 패턴 밀도 값의 상관 관계를 이용하여 상기 조명 세기 떨어뜨림의 값들에 해당되는 상기 투과율 조절용 패턴의 패턴 밀도 값들의 분포를 구하는 단계;

상기 투과율 조절용 패턴의 패턴 밀도 값들의 분포를 구현하는 투과율 조절용 패턴 분포층을 상기 포토 마스크 기판의 후면 상에 구현하는 단계; 및

상기 투과율 조절용 패턴 분포층이 도입된 포토 마스크 기판을 사용하여 제2노광 과정을 수행하여 웨이퍼 상으로 상기 주 패턴의 상을 전사하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 웨이퍼 상의 임계 선폭을 제어할 수 있는 포토 마스크를 사용하는 노광 방법.

【청구항 44】

제43항에 있어서, 상기 기준 임계 선폭 값은
상기 임계 선폭 값들의 분포 중 최소인 임계 선폭 값으로 설정되는 것을 특징으로 하는 웨이퍼 상의 임계 선폭을 제어할 수 있는 포토 마스크를 사용하는 노광 방법.

【청구항 45】

제44항에 있어서, 상기 조명 세기 변화 값과 상기 포토 마스크 기판 후면에 도입될 투과율 조절용 패턴의 패턴 밀도 값의 상관 관계를 구하는 단계는

임의의 크기와 이격 간격을 가지는 임의의 패턴을 상기 포토 마스크 기판의 후면에 도입하는 단계;

상기 임의의 패턴에 의해서 상기 노광 과정에서 상기 주 패턴에 변형되어 입사되는 조명 세기를 상기 임의 패턴의 크기 및 이격 간격의 함수로 푸리에 변환(Fourier Transform)을 이용하여 구하는 단계; 및

상기 구해진 조명 세기와 상기 임의의 패턴의 크기 및 이격 간격 간의 함수 관계로부터 상기 조명 세기와 $(\text{상기 임의의 패턴의 크기})^2 / (\text{상기 임의의 패턴의 이격 간격})^2$ 로 설정되는 상기 패턴 밀도 값의 상관 관계를 구하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 웨이퍼 상의 임계 선폭을 제어할 수 있는 포토 마스크를 사용하는 노광 방법.

【청구항 46】

제45항에 있어서, 상기 조명 세기와 상기 임의 패턴의 크기 및 이격 간격 간의 함수 관계는

상기 조명 세기가 대략 $1 - 4(\text{패턴의 크기})^2/(\text{패턴의 이격 간격})^2$ 에 해당되는 관계인 것을 특징으로 하는 웨이퍼 상의 임계 선폴을 제어할 수 있는 포토 마스크를 사용하는 노광 방법.

【청구항 47】

제44항에 있어서, 상기 조명 세기 떨어뜨림 값의 분포를 구하는 단계는

상기 조명계에서의 노광 도즈(dose) 변화량에 대한 노광된 패턴의 임계 선폴 변화량으로 주어지는 도즈 래티튜드(dose latitude) 값을 구하는 단계; 및

상기 도즈 래티튜드 값에 상기 임계 선폴 값의 편차를 대입하여 상기 임계 선폴 값의 편차에 해당되는 노광 도즈 변화량을 역산하여 상기 조명 세기 떨어뜨림 값으로 설정하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 웨이퍼 상의 임계 선폴을 제어할 수 있는 포토 마스크를 사용하는 노광 방법.

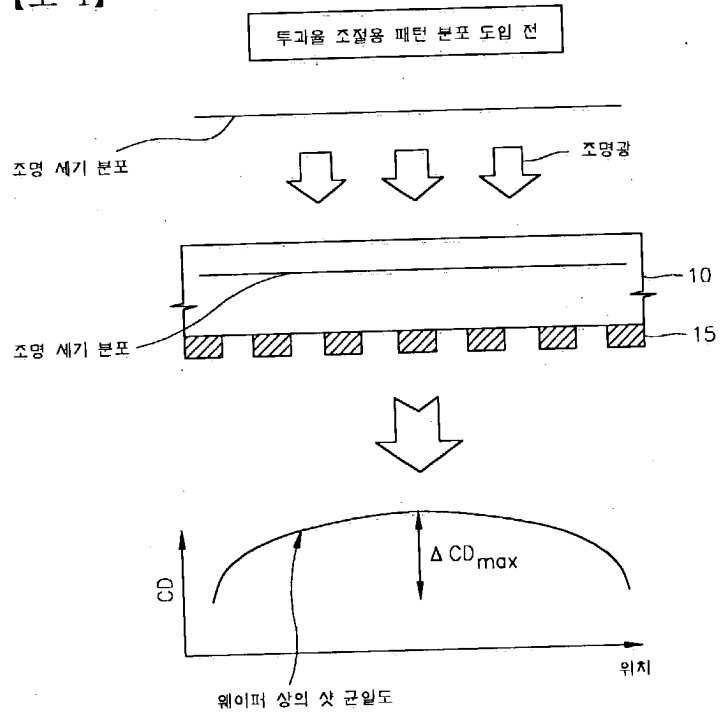
【청구항 48】

제44항에 있어서, 상기 제2노광 과정은

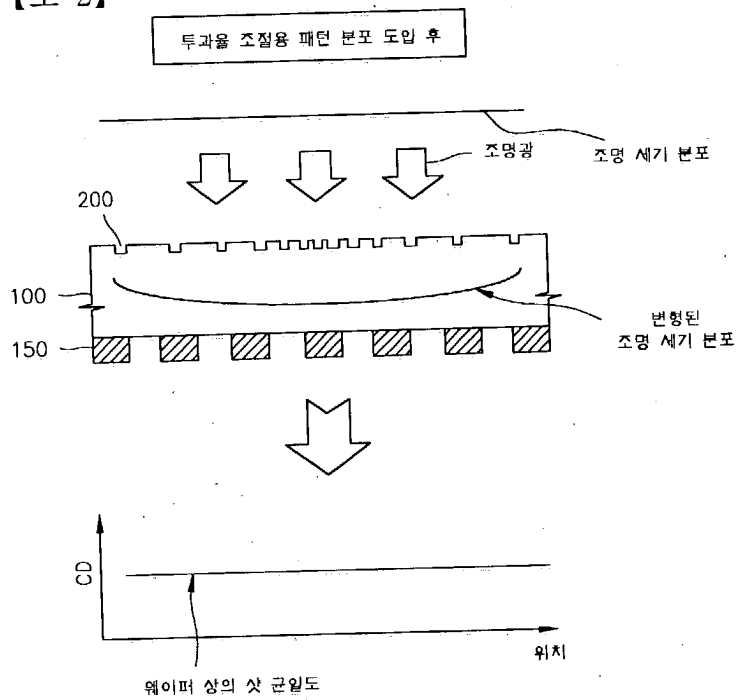
상기 제1노광 과정과 동일한 조명계 조건을 사용하는 것을 특징으로 웨이퍼 상의 임계 선폴을 제어할 수 있는 포토 마스크를 사용하는 노광 방법.

【도면】

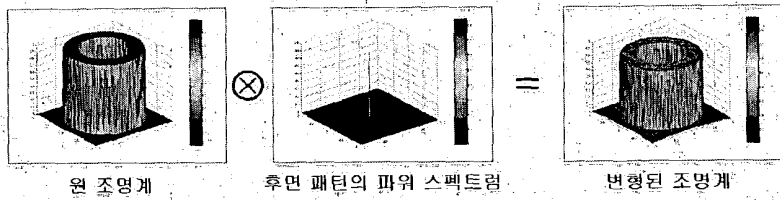
【도 1】



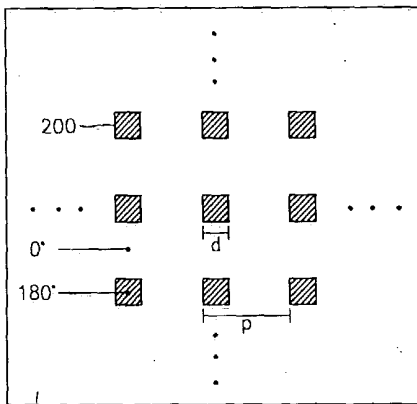
【도 2】



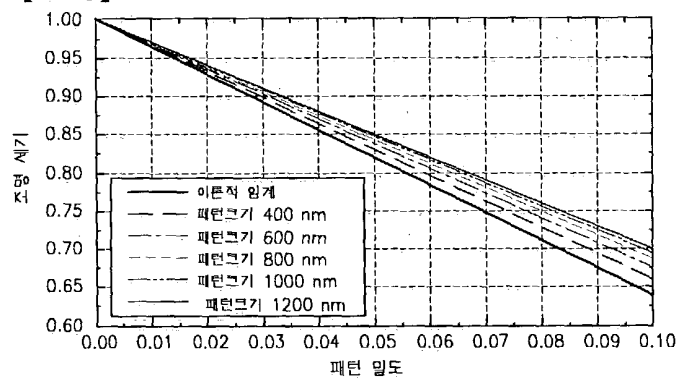
【도 3】



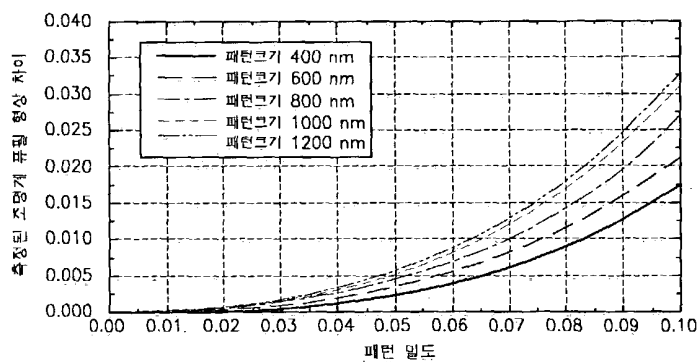
【도 4】



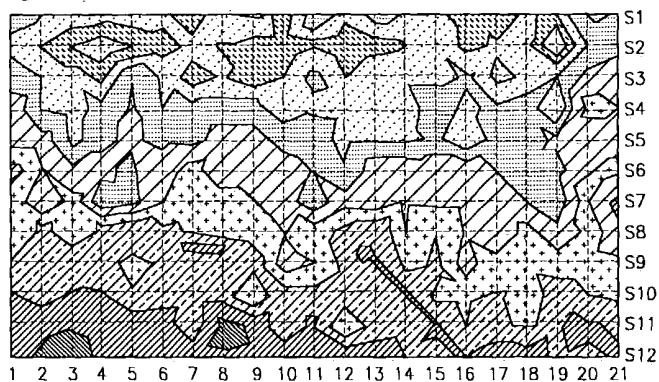
【도 5】



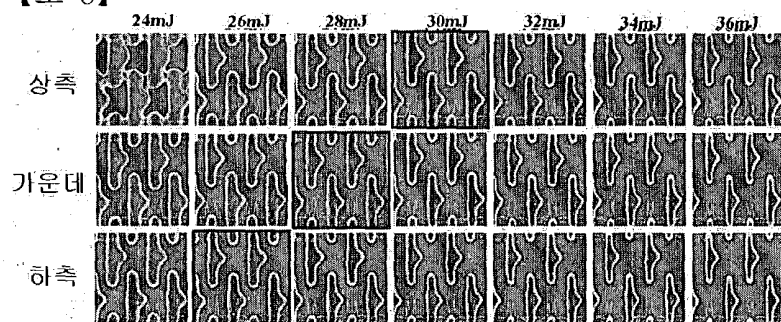
【도 6】



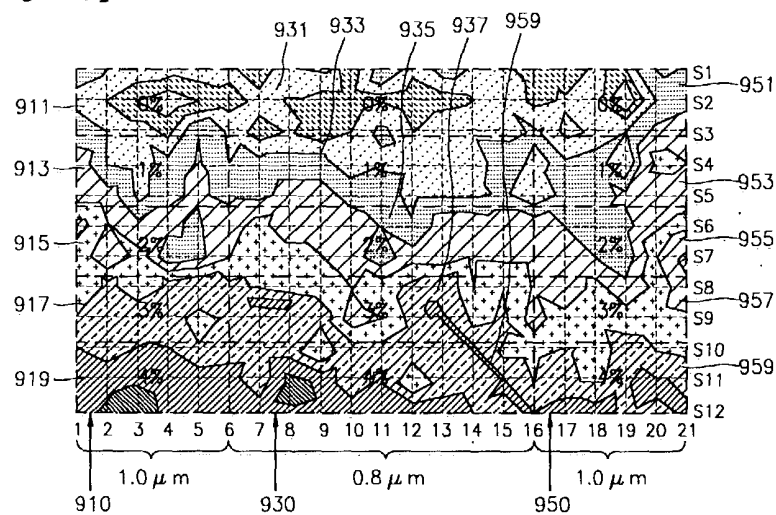
【도 7】



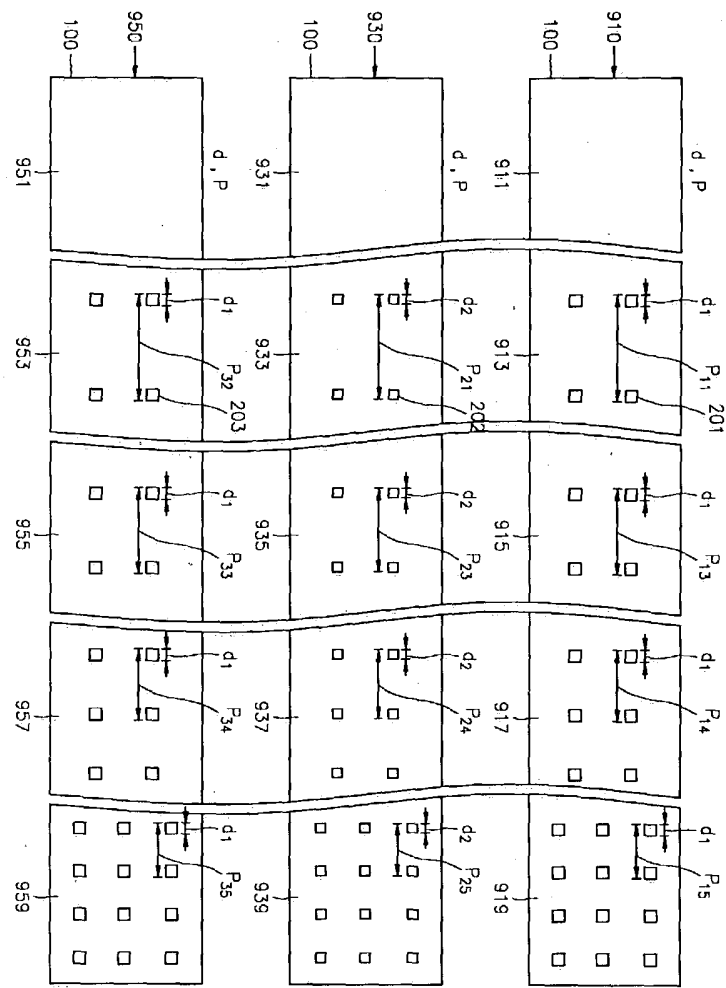
【도 8】

인 필드 도즈 차이 $\approx 14.4\%$

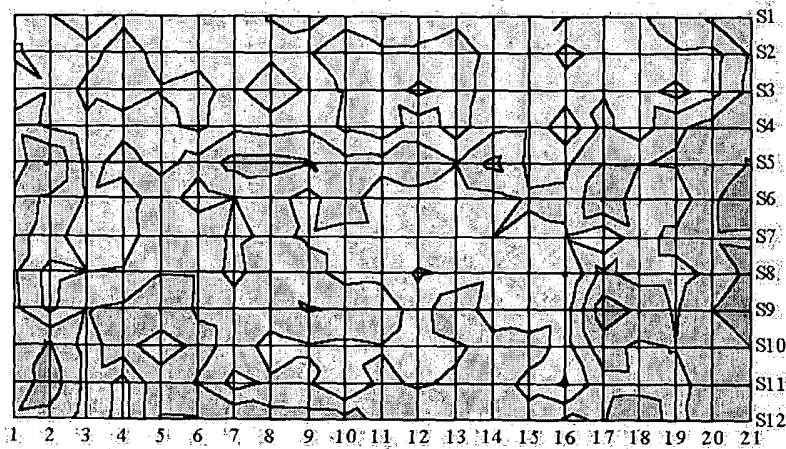
【도 9】



【도 10】

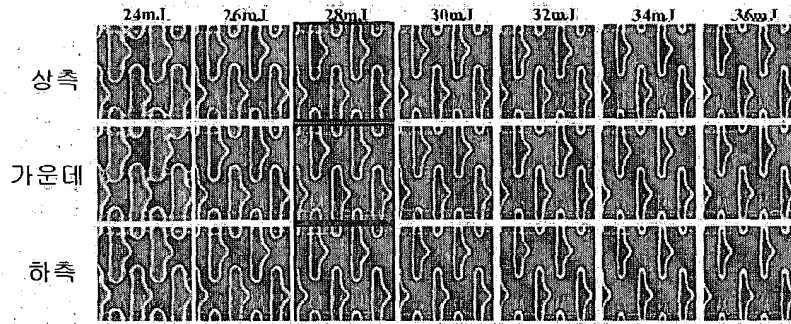


【도 11】

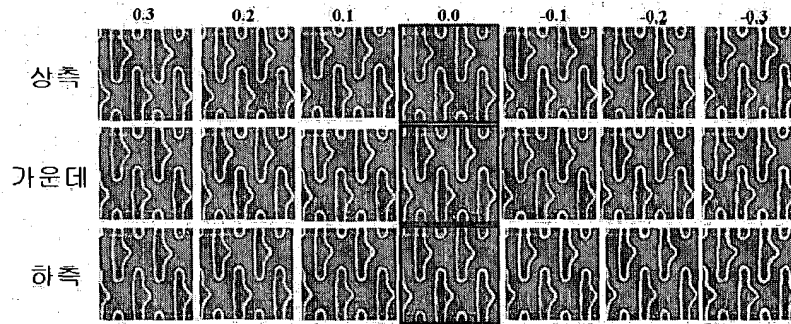


□ 130-135 □ 135-140 □ 140-145 □ 145-150 □ 150-155 ■ 155-160

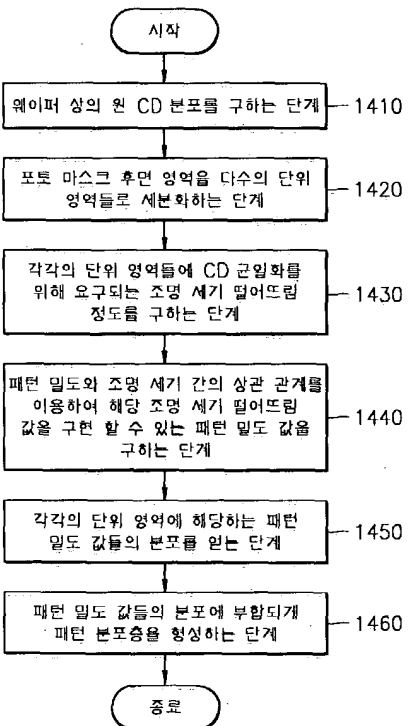
【도 12】

인 필드 도즈 차이 $\approx 3.0\%$

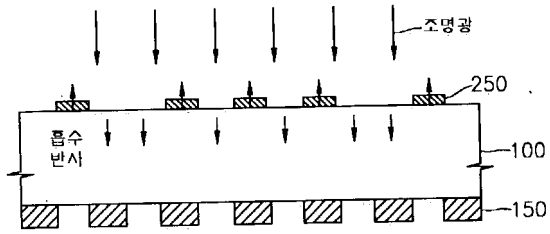
【도 13】

인 필드 CD 차이 $\approx 9\text{nm}$

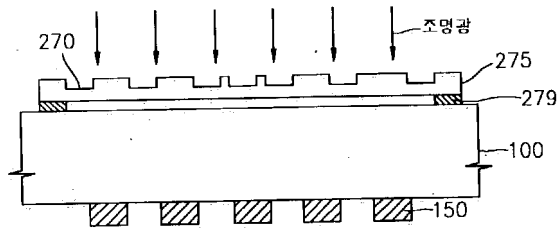
【도 14】



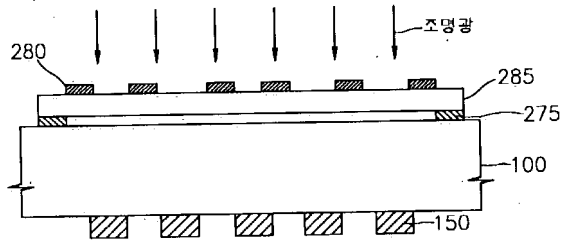
【도 15】



【도 16】



【도 17】



【도 18】

